



LONG TERM OPERATION

Rapport Technique

Tihange 1

Poursuivre
une exploitation
Responsable
et Sûre

VERSION 2.0

Electrabel
GDF SUEZ

LONG TERM OPERATION

Rapport Technique

Tihange 1

Poursuivre une exploitation Responsable et Sûre

Contenu

Avant-propos	3
0 Résumé	4
0.1 Contexte	5
0.2 Méthodologie	7
0.3 Conclusions de l'étude	8
1 Introduction	15
1.1 Définition : qu'est-ce que l'exploitation à long terme ?	15
1.2 Pratiques à l'échelle internationale	16
1.3 Le projet LTO d'Electrabel	17
1.4 Organisation du projet	19
1.5 Sources nationales et internationales	21
2 Point de départ de l'exploitation à long terme	22
2.1 Amélioration continue	22
2.2 Résultats d'exploitation	29
3 Méthodologie	32
3.1 Introduction	32
3.2 Pré-conditions	33
3.3 Gestion du vieillissement	36
3.4 Évaluation de la conception	55
3.5 Compétences, connaissances et comportement	61
4 Résultats détaillés de l'étude	64
4.1 Pré-conditions	64
4.2 Gestion du vieillissement	70
4.3 Évaluation de la conception	83
4.4 Compétences, connaissances et comportement	93
4.5 Planning	96
5 Définitions	100
6 Abréviations	105
7 Références	107

Avant-propos

En septembre 2009, l'Agence Fédérale de Contrôle Nucléaire (AFCN) a publié sa note stratégique « Long Term Operation (LTO) » des centrales nucléaires belges de Tihange 1 et de Doel 1&2. Dans cette note, l'Agence identifie les conditions auxquelles les installations concernées doivent satisfaire en cas d'une « éventuelle décision politique de prolonger la durée d'exploitation des centrales nucléaires », ainsi que le plan d'action pour un tel projet.

En décembre 2011, Electrabel a remis à l'AFCN la version initiale (version 1.0) du présent rapport, résultat du travail qu'une équipe d'experts d'Electrabel, assistée par des experts internes et externes au Groupe GDF SUEZ, a mené au cours des années 2010 et 2011. Ces études approfondies et systématiques avaient pour objet de répondre aux conditions formulées dans la note stratégique de l'AFCN.

Ce rapport, qui se focalise sur les aspects de sûreté nucléaire et qui prend en compte les résultats des tests de résistance, démontre dans un premier temps le haut niveau de sûreté des centrales nucléaires de Tihange 1 et de Doel 1&2. Ceci est dû principalement au fait qu'Electrabel accorde une priorité à la sûreté mais aussi à sa politique d'amélioration continue appliquée depuis la mise en service des unités nucléaires.

Au titre d'exploitant, Electrabel **investit sans cesse dans la sûreté de ses installations nucléaires** au travers de l'amélioration de la conception, ainsi que de la gestion du vieillissement des structures, systèmes et composants (SSC), en accordant une attention particulière à la gestion des connaissances et à l'intégration des retours d'expérience internes et externes.

Ce projet d'exploitation à long terme (LTO en abrégé) permet de poursuivre cette démarche d'amélioration continue en amenant les plus anciennes centrales nucléaires belges à un **niveau de sûreté qui s'approche autant que possible de celui des centrales nucléaires les plus récentes**. Ainsi, le rapport remis fin 2011 montrait que les unités de Tihange 1 et de Doel 1&2 peuvent continuer à fonctionner au-delà de 2015 en garantissant un niveau élevé de sûreté.

Il est à noter que cette évaluation de l'exploitation à long terme a été réalisée en prenant comme **hypothèse de départ une prolongation de l'exploitation de dix ans**. Dix ans, c'est également le délai entre deux Révisions périodiques de Sûreté. Le rapport décrivait également un plan d'amélioration et d'action important pour permettre cette prolongation de dix ans qui répond aux pré-conditions fixées, inclut la réalisation des améliorations de sûreté prévues et assure un haut niveau de fiabilité et de disponibilité des installations.

Le rapport initial a fait l'objet d'un examen approfondi par les experts de l'AFCN et de Bel V. À l'issue de cet examen, l'AFCN et Bel V ont formulé leurs commentaires et recommandations [1bis]. Le programme des améliorations de sûreté a été adapté pour les prendre en compte, et aboutir ainsi à une proposition finale (**Agreed Design Upgrade**) approuvée par l'AFCN et Bel V. La présente version (version 2.0) du rapport décrit le plan définitif d'amélioration et d'action, ainsi que son calendrier de mise en œuvre, qui tient compte des délais d'étude, d'approvisionnement et de qualification du matériel et de sa mise en œuvre sur site.

Ce rapport pour l'exploitation à long terme, ainsi que le plan d'action et d'investissement correspondant, ont été établis en prenant en compte l'hypothèse de base d'une prolongation de l'exploitation de dix ans, telle que définie par l'AFCN. Le tout devra être réévalué en fonction de la décision définitive que prendra l'autorité politique.

0 Résumé

Le projet d'exploitation à long terme (Long Term Operation, LTO) a pour objectif de démontrer la capacité technique et organisationnelle d'Electrabel à assurer la sûreté de l'exploitation de la centrale nucléaire de Tihange 1 après 2015, et ce pour une période de dix ans. Ce rapport présente les résultats de cette étude et démontre qu'une exploitation sûre est possible à long terme, à condition de réaliser les actions et les investissements qui y sont décrits. L'analyse des pré-conditions pour l'exploitation à long terme et les résultats obtenus sont également présentés, ainsi que l'organisation du projet.

Ce résumé ne donne qu'un premier aperçu. Le lecteur intéressé par des informations plus détaillées les trouvera dans les chapitres spécifiques du présent rapport.

0.1 Contexte

Une étude portant sur l'exploitation à long terme de la centrale nucléaire de Tihange 1 doit se baser sur une méthodologie définie. Electrabel s'est conformé au cadre légal strict et a respecté les recommandations, les bonnes pratiques, ainsi que les normes nationales et internationales en la matière.

0.1.1 Cadre légal

En ce qui concerne le cadre légal, la note stratégique de l'Agence Fédérale de Contrôle Nucléaire (AFCN) [1] constitue, pour Electrabel, la référence essentielle de la base réglementaire à appliquer.

La note AFCN précise les 4 thèmes autour desquels s'articule l'élaboration du projet LTO, à savoir :

La note stratégique de l'AFCN [1] : conditions générales

L'AFCN fixe les conditions générales :

[...] afin de poursuivre l'exploitation des centrales nucléaires Doel 1&2 et Tihange 1, où un niveau élevé de sûreté en matière de conception et d'exploitation doit être garanti, dans l'éventualité où une décision politique viserait à permettre l'exploitation des centrales nucléaires existantes au-delà d'une période de 40 ans.

Dans cette note stratégique, Electrabel a identifié les domaines d'attention suivants :

- Pré-conditions pour l'exploitation à long terme
- Gestion du vieillissement des équipements et structures
- Réévaluation de la conception
- Gestion des compétences, des connaissances et du comportement

Les conditions spécifiques par domaine d'attention sont reprises plus loin dans ce document.

La note stratégique de l'AFCN [1] : quatrième Révision périodique de Sûreté

Notons également la condition suivante :

Le « long term operation » (« LTO » en abrégé) des centrales nucléaires belges doit être évalué dans le cadre de la (quatrième) Révision périodique de Sûreté.

Lors de la quatrième Révision périodique de Sûreté de Doel 1/2 et Tihange 1, il faudra porter une attention spéciale principalement (mais pas exclusivement) aux deux aspects suivants :

- La gestion du vieillissement (« Ageing »), au travers d'un programme de gestion du vieillissement des installations conformément aux dispositions du 10 CFR54 et du guide IAEA SRS 57.

- La réévaluation de la conception (« Design »), au travers d'un programme de modernisation et de mise à niveau des installations (« agreed design upgrade ») sur base d'une évaluation de la sûreté de la conception de ces anciennes unités.

Soulignons que, conformément à la nouvelle approche des Révisions périodiques de Sûreté, une évaluation globale de la sûreté devra être réalisée lors de la quatrième Révision périodique de Sûreté, ce qui implique l'évaluation d'autres aspects en sus de ceux repris ci-dessus (« ageing » et « design »).

Intégration des conclusions résultant des tests de résistance menés en Belgique

La Commission Européenne a pris l'initiative d'organiser ces tests de résistance après l'accident de Fukushima. Le 28 octobre 2011, Electrabel a remis à l'AFCN le rapport relatif aux tests de résistance menés en Belgique [4]. À la demande de l'AFCN, les actions identifiées dans ce rapport et qui concernent l'exploitation à long terme ont également été intégrées au projet LTO.

Recommandations du Conseil Scientifique

En annexe à la note stratégique de l'AFCN, le Conseil Scientifique des Rayonnements Ionisants a formulé une série de recommandations. Celles-ci ont été prises en compte et intégrées dans le cadre du projet LTO.

Remarques de l'AFCN et de Bel V

Les remarques et recommandations formulées par l'AFCN et par Bel V [1bis] sur la version 1.0 du Rapport LTO ont été prises en compte dans cette version 2.0.

0.1.2 Éléments complémentaires

L'approche générale suivie par Electrabel, telle que décrite dans ce rapport, est entièrement conforme à la note stratégique de l'AFCN [1]. Cette approche ne se limite toutefois pas à cette seule note.

Electrabel, dans sa volonté d'atteindre un niveau de sûreté nucléaire le plus élevé possible, prend également en compte les meilleures pratiques et les normes internationales, essentiellement formulées par l'Agence Internationale pour l'Énergie Atomique (AIEA) et la Commission de Réglementation Nucléaire des États-Unis (l'U.S.NRC).

Les exigences et les directives publiées par l'U.S.NRC sont à la base de la conception et de l'autorisation d'exploitation des centrales nucléaires en Belgique. Ces prescriptions s'appliquent essentiellement au volet LTO-Ageing : par le passé, de nombreuses centrales nucléaires américaines utilisant le même type de réacteur que les unités belges ont en effet été évaluées dans le cadre de la gestion du vieillissement de leurs installations et de l'exploitation à long terme. Au cours de ce processus d'évaluation, des méthodologies générales ont été établies, avec comme principales références le document 10 CFR part 54 [2] et le Rapport GALL (NUREG-1801) [3].

En ce qui concerne la réévaluation de la conception, les méthodologies ont été développées à la lumière du document de l'AIEA : Safety of Nuclear Power Plants : Design (NS-R-1) [21], ainsi que des directives sous-jacentes élaborées par l'AIEA et relatives à la conception.

0.2 Méthodologie

Afin de se conformer aux conditions, attentes et recommandations des différentes instances réglementaires, une méthodologie a été élaborée pour chacun des quatre domaines d'attention identifiés. En voici un bref résumé. Le lecteur intéressé trouvera davantage de détails plus loin dans ce rapport.

Domaine	Résumé de la méthodologie utilisée
Pré-conditions	Il a été vérifié que Tihange 1 remplit les pré-conditions pour un prolongement de sa durée d'exploitation. Les critères d'évaluation utilisés ont été établis sur base des documents appropriés de l'AIEA.
Gestion du vieillissement	Il a été déterminé quels systèmes, structures et composants (SSC) devaient être soumis à une évaluation dans le cadre de la gestion du vieillissement. Une méthodologie qui permet d'évaluer le vieillissement des SSC mécaniques, électriques (instrumentation et contrôle-commande inclus), ainsi que ceux relatifs aux structures, a été appliquée. Cette méthodologie vaut aussi bien pour les composants passifs qu'actifs. Les résultats incluent la stratégie et les actions concrètes à mettre en œuvre afin de gérer le vieillissement potentiel pendant la période d'exploitation à long terme. Les hypothèses de conception qui limitent la durée de vie, comme la fragilisation de la cuve du réacteur sous l'influence du rayonnement neutronique, ont également été réévaluées.
Réévaluation de la conception	Une série de points d'amélioration de la conception de Tihange 1 ont été identifiés par le biais de six sources d'information. Ces points d'amélioration sont regroupés dans huit thèmes de sûreté. Sur base de ceux-ci, nous proposons des améliorations (aussi appelées « Design Upgrade ») qui intègrent également les améliorations de la conception résultant des tests de résistance belges. Le résultat de leur évaluation par les autorités de sûreté permettra d'élaborer une mise à niveau de la conception convenue avec elles (aussi appelé « Agreed Design Upgrade »).
Gestion des compétences, des connaissances et du comportement	L'adéquation des facteurs humains et organisationnels à Tihange 1 a été évaluée dans la perspective d'une exploitation à long terme. Cette évaluation a été faite selon une méthodologie comparable à celle des pré-conditions.

0.3 Conclusions de l'étude

0.3.1 Conclusions générales

Après avoir mené une étude approfondie et systématique de tous les points d'attention de sûreté identifiés dans ce projet LTO et après mise en œuvre d'un plan d'action, Electrabel est apte à assurer une exploitation à long terme, pour les motifs suivants :

Les conditions de la note stratégique de l'AFCN ont été remplies

Sur base des conclusions synthétisées dans ce rapport LTO et du plan d'action proposé, il est démontré que les conditions posées par l'AFCN pour une exploitation à long terme seront effectivement remplies et qu'un niveau de sûreté élevé sera garanti tout au long de la période d'exploitation à long terme.

Il en va ainsi pour chacun des domaines d'attention : pré-conditions, gestion du vieillissement, réévaluation et amélioration de la conception, et gestion des compétences, des connaissances et du comportement.

Le projet LTO sera intégré à la quatrième Révision périodique de Sûreté (PSR)

Comme demandé par la note stratégique de l'AFCN, l'exploitation à long terme est évaluée dans le cadre de la quatrième PSR, conformément au Guide de sûreté de l'AIEA n° NS-G-2.10, Periodic Safety Review (PSR) of Nuclear Power Plants [5].

Les éléments suivants sont analysés dans le cadre de la PSR :

- Programmes de gestion du vieillissement
- Réévaluation et amélioration de la conception
- Réglementations et références pertinentes
- Fiabilité des installations et facteurs humains et organisationnels

Les résultats des tests de résistance menés en Belgique ont été intégrés au projet LTO

Les conclusions et actions présentées dans ce rapport prennent également en compte les résultats des tests de résistance menés en Belgique. Plus particulièrement, sur le plan de la conception, une interaction continue a été opérée entre le projet BELgian Stress Tests (BEST) et le projet LTO. Le *Rapport des tests de résistance* de fin octobre 2011 [4] comprend des actions devant être prises dans la perspective d'une exploitation à long terme. Le programme d'amélioration de la conception (« Agreed Design Upgrade ») prévu dans le présent rapport intègre ces actions.

Les recommandations formulées par le Conseil Scientifique ont été suivies

Electrabel a pris en considération les recommandations du Conseil Scientifique dans son projet LTO. Le Conseil Scientifique regroupe des experts de diverses disciplines qui assistent l'AFCN dans l'exercice de ses compétences.

Ainsi, l'évaluation LTO sera intégrée dans la quatrième Révision périodique de Sûreté. Dans le programme de gestion du vieillissement, le contrôle des installations est renforcé afin de détecter plus rapidement les anomalies potentielles.

L'état structurel des cuves des réacteurs est suivi de près et les résultats des études permettent de démontrer que le phénomène de fragilisation du métal de la cuve du réacteur reste largement en dessous des limites acceptables dans le cadre d'une prolongation de l'exploitation de la centrale jusqu'à 50 ans au moins.

En ce qui concerne la conception, la méthodologie retenue veille à ce que les modifications prévues n'en augmentent pas inutilement la complexité. L'impact de l'exploitation à long terme sur la gestion des déchets est pris en compte dans le Plan Déchets de l'ONDRAF [30].

Références et pratiques internationales

Nous démontrons par ailleurs de façon détaillée dans le présent rapport que notre projet LTO est entièrement conforme aux références et meilleures pratiques énoncées au niveau international en matière de LTO, telles qu'elles ont été formulées par l'AIEA et l'U.S.NRC.

Electrabel souscrit et soutient le principe d'un contrôle indépendant

Electrabel souscrit et soutient le principe d'un contrôle indépendant par le biais d'une mission SALTO prévue pour 2014. L'objectif de cette mission est de démontrer que les pré-conditions, la gestion du vieillissement, ainsi que la gestion des compétences, des connaissances et du comportement auront atteint en 2015 un niveau suffisant pour entamer la période de prolongation de la durée de vie.

Electrabel soutient pleinement les évaluations des thèmes suivants effectuées par Bel V :

- Suivi continu du respect de la planification des plans d'actions ;
- Évaluation des remplacements définis selon les plans d'actions ;
- Suivi continu des programmes de gestion du vieillissement des composants passifs ;
- Suivi continu des programmes de maintenance des composants actifs.

0.3.2 Conclusions relatives aux pré-conditions

Les sujets à traiter dans le cadre de ces pré-conditions sont listés dans le document AIEA SRS N°57. Il s'agit :

- Des programmes au niveau de la centrale pour :
 - La maintenance ;
 - La qualification des équipements ;
 - L'inspection en service ;
 - La surveillance et le contrôle ;
 - Le suivi des paramètres chimiques.
- Du système de gestion qui intègre l'assurance de la qualité et la gestion de la configuration ;
- Des analyses initiales de vieillissement limitées dans le temps (TLAA) ;
- Du Rapport de Sûreté actuel et des autres documents définissant les bases de conception et de sûreté.

L'AIEA a également émis une série de recommandations qui permettent d'évaluer chaque sujet indépendamment des autres.

Electrabel s'est basé sur ces recommandations, les a synthétisées sous forme de critères et les a adaptées au contexte belge pour évaluer les pré-conditions de la centrale de Tihange 1.

Il est ressorti de cette évaluation que les programmes, processus et documents analysés dans le cadre des pré-conditions répondent à ces critères, à condition que certaines actions soient réalisées avant de commencer la période d'exploitation à long terme (2015).

Pour certains sujets, aucune action n'est requise. Pour les autres, les points d'attention ont été détectés via les outils mis en place sur site (comités, audits, ou dans le cadre des analyses menées pour le LTO) et les actions correspondantes sont déjà en cours de réalisation dans le cadre du processus d'amélioration continue ou sont traitées dans le cadre du LTO-Ageing. Un planning des actions à mettre en place a été établi afin de s'assurer de leur réalisation avant l'échéance des 40 ans d'exploitation.

0.3.3 Conclusions relatives à la gestion du vieillissement

Conformité par rapport à la note stratégique

Les conditions pour la gestion du vieillissement (sur base du document AIEA SRS No. 57 [11]) telles que décrites dans la note stratégique de l'AFCN sont entièrement respectées. Pour ce faire, les programmes et plans d'action qui permettent d'identifier et de gérer le vieillissement potentiel pendant la période d'exploitation à long terme (LTO) ont été établis. Les actions proposées sont techniquement réalisables et s'étaleront sur une période de plusieurs années à partir d'un accord sur la prolongation. Cette période est essentielle compte tenu des délais importants inhérents à la fabrication et à la livraison des pièces de rechange, ainsi que de la planification des moyens et ressources complémentaires, plus particulièrement dans le domaine EI&C.

Stratégie pour la gestion du vieillissement des composants passifs

Une cinquantaine de programmes définissant une stratégie claire pour la gestion du vieillissement des composants passifs ont été élaborés. Dans ce cadre, Electrabel a fait appel à la fois à l'expertise disponible au sein du Groupe et à l'expertise externe. Les programmes existants ont été utilisés et intégrés autant que possible. Les analyses essentielles dans le domaine de la limitation de la durée de vie (TLAA) ont été identifiées et développées.

Gestion des composants actifs

Bien que la réglementation américaine n'impose pas l'analyse des composants actifs, vu qu'ils sont couverts par la Maintenance Rule, notre approche intègre les composants actifs, conformément à la demande de l'AFCN.

Vieillissement des composants principaux

Il a été clairement démontré que le vieillissement de la cuve du réacteur ne pose aucun problème pour la prolongation de la durée de vie à 50 ans. Les hypothèses de limitation de la durée de vie des principaux composants primaires ont été évaluées et actualisées sur base des données disponibles et vis-à-vis des codes de calculs actuels.

Adaptation des programmes de maintenance

Les programmes de maintenance existants ont été vérifiés quant à leur capacité d'éviter, de détecter, de suivre et de traiter le vieillissement. Les programmes actuels seront amendés si nécessaire.

Rénovation

Dans le cas où la conformité vis-à-vis des critères de conception ne peut pas être garantie pour certains SSC pendant la période d'exploitation à long terme (LTO) suite à des effets potentiels liés au vieillissement, la décision a été prise de procéder au remplacement des SSC concernés.

Voici quelques exemples dans les différents domaines :

- **Mécanique** : remplacement de tuyauteries CEI, remplacement des groupes CSC
- **EI&C** : remplacement ou remise en conformité des moteurs électriques 380V qualifiés, remplacement des alimentations 115V qualifiées

Dans le domaine EI&C, les efforts nécessaires sont déployés afin de maintenir voire d'augmenter le niveau de qualification des équipements existants.

- **Structures** : suivi et rénovation des joints des galeries souterraines

Intégration dans la gestion des modifications et dans le planning global

Les plans d'action LTO seront intégrés dans le portfolio global des projets et modifications programmés, y compris les projets et modifications non liés à la sûreté nucléaire. Cette intégration vise à optimiser la planification de l'ensemble des actions, sans toutefois altérer la spécificité de sûreté nucléaire du projet LTO.

Cette intégration a donc un impact positif au niveau de la sûreté nucléaire tout en permettant d'augmenter encore le niveau de fiabilité des installations.

0.3.4 Conclusions relatives à l'évaluation de la conception

En accord avec la note stratégique [1] rédigée par l'Agence Fédérale de Contrôle Nucléaire (AFCN), l'objet de la réévaluation de la conception est de proposer des améliorations techniques aux installations de Tihange 1, afin de réduire l'écart par rapport au niveau de sûreté visé dans la conception des centrales nucléaires PWR les plus récentes. Des mesures compensatoires peuvent être envisagées pour les domaines dans lesquels des solutions techniques ne seraient que partiellement, voire pas du tout, réalisables. Tant les approches déterministes que probabilistes peuvent être mises à profit pour démontrer la valeur ajoutée des améliorations réalistes pouvant être apportées à la conception.

Pour ce faire, une méthodologie a été mise en place afin d'identifier les points d'attention de sûreté au niveau de la conception, de les analyser et de proposer des améliorations réalistes de la conception. L'approche suivie par cette méthodologie est de s'orienter vers les améliorations techniques permettant de réduire davantage encore le risque résiduel, c'est-à-dire le risque d'endommagement du combustible et de relâchement radioactif en cas d'accident. Cette approche est tout à fait en ligne avec le principe ALARA (« As Low As Reasonably Achievable »).

Un processus composé de plusieurs étapes successives a été établi afin de 1) procéder à une réévaluation de sûreté de la conception, 2) développer un certain nombre d'améliorations potentielles de la conception, et 3) proposer sur cette base un plan global d'amélioration appelé « Design Upgrade », le tout en interaction avec l'AFCN et Bel V.

Ce processus peut se résumer par les étapes suivantes :

- Une réévaluation de la sûreté de la conception a été menée au travers de l'analyse de six « piliers » (cfr § 3.4.4) afin d'identifier les domaines susceptibles d'être améliorés en matière de sûreté. La conception de Tihange 1 a été analysée sur base de documents de référence relatifs à chaque pilier. Par exemple, le pilier « New Design Benchmark » a permis de positionner l'unité de Tihange 1 par rapport aux « Directives Techniques pour la conception et la construction de la prochaine génération de réacteurs nucléaires à eau sous pression » [6]. Ces directives constituent le référentiel de base pour la conception des réacteurs de 3^{ème} génération EPR et ATMEA conçus par Areva. La prise en compte du retour d'expérience opérationnel est un second exemple de « pilier ».

- Dans un second temps, les sujets identifiés par les six piliers ont été passés en revue et regroupés en points d'attention de sûreté. Chacun de ceux-ci a ensuite fait l'objet d'une analyse plus approfondie afin de comprendre les mécanismes et les séquences susceptibles de conduire, en cas d'accident, à un endommagement du combustible ou à un relâchement radioactif important. Cette analyse a pour but de bien comprendre quelles améliorations ou modifications de la conception pourront le plus contribuer à réduire ce risque résiduel. L'analyse a également fait le point sur les évolutions réglementaires et les éventuels projets déjà en cours.
- Ensuite, pour les différents points d'attention de sûreté retenus, des pistes d'amélioration de conception ont été avancées. Chacune d'entre elles a fait l'objet d'une description technique et fonctionnelle, ainsi que d'une analyse de la faisabilité des modifications proposées dans les différentes disciplines. Cette étape a représenté une partie importante du volet « Design », car ce travail relatif à la conception nécessite une analyse et une certaine optimisation des solutions potentielles afin de réduire autant que raisonnablement possible le risque résiduel. D'autres considérations, telles que la conformité à la réglementation, les critères déterministes mais aussi la complexité ou le coût dosimétrique lié à la réalisation de certaines solutions, rentrent également en ligne de compte dans cette analyse de faisabilité.
- La dernière étape consiste, sur base de l'ensemble des améliorations de la conception envisageables étudiées, à proposer un plan global d'amélioration de la conception associé à un planning de réalisation des modifications. Ce plan global se doit d'être équilibré afin de couvrir l'ensemble des points d'attention de sûreté ; il est par exemple important de couvrir tant les accidents internes que les événements externes naturels ou autres, en tenant toutefois compte du niveau de protection actuel de la centrale de Tihange 1.

Il convient de noter que tout au long de ce processus, l'AFCN et Bel V ont été informés de la méthodologie et des résultats partiels. Ceci a permis de prendre en compte leurs premiers commentaires afin de parvenir plus efficacement à un « Agreed Design Upgrade ».

L'accident de Fukushima, en mars 2011, est intervenu pendant le déroulement des études du volet « Design ». L'intégration du premier retour d'expérience de cet accident dans les études et dans le plan d'amélioration de la conception de Tihange 1 a été mise en œuvre de la manière suivante :

- Dans le courant du mois d'avril 2011, une analyse a été menée, sur base des informations relatives à l'accident de Fukushima alors disponibles, afin d'identifier si le champ d'application de certains points d'attention de sûreté retenus ou des améliorations de la conception proposées devait être étendu. L'importance de plusieurs points d'attention de sûreté ou d'améliorations a également été revue à la hausse dans le plan global d'amélioration de la conception de Tihange 1.
- Dans un deuxième temps, les actions reprises dans le rapport des tests de résistance de la centrale nucléaire de Tihange [4], pour autant qu'elles se rapportent à Tihange 1 et constituent une modification de la conception, ont été intégrées au plan global d'amélioration de la conception de Tihange 1 dans le cadre du projet LTO.

La présente version de ce rapport prend en compte les remarques et recommandations de l'AFCN et de Bel V formulées suite à leur évaluation [1bis] des améliorations de conception proposées dans la version précédente (décembre 2011). La liste des améliorations consignées dans ce rapport constitue donc l'« Agreed Design Upgrade ».

En conclusion des études menées dans le cadre du LTO-Design, les améliorations de conception principales proposées sont résumées ci-après :

- L'amélioration la plus conséquente envisagée est le renforcement des installations du Système d'Ultime Repli (SUR). L'objectif de ce renforcement est de disposer d'un système de contrôle commande et d'alimentation électrique tout à fait indépendant du Bâtiment des Auxiliaires Electriques (BAE). On cherche ainsi à se couvrir vis-à-vis d'un incendie de grande ampleur dans ce bâtiment. Il s'agit également d'étendre les fonctions actuellement assurées par le SUR afin de pouvoir garantir le passage en mode d'arrêt à froid et le maintien du réacteur dans cet état pour tous les événements pris en considération lors de la conception du SUR.
- Un nouveau simulateur « full scale » identique à la salle de commande et à l'ensemble des équipements et régulations installés à Tihange 1 sera installé sur le site de Tihange. Par rapport à ce dernier, davantage associé à la configuration de Tihange 2, le nouveau simulateur permettra une reproduction fidèle de la configuration de la salle de commande de Tihange 1 et augmentera de manière significative le niveau de performance des opérateurs dans la conduite de la centrale de Tihange 1.
- Une troisième amélioration conséquente retenue est l'installation d'un système dénommé « événement filtré » permettant le relâchement contrôlé de l'atmosphère de l'enceinte au travers d'un dispositif de filtration approprié. Ce dispositif permet de dépressuriser l'enceinte pour la protéger en cas d'accident grave, tout en réduisant dans des limites acceptables les rejets radioactifs vers l'environnement. L'utilisation de cet événement est envisagée comme action ultime dans les situations spécifiques d'accident grave lorsqu'aucun autre moyen de refroidissement de l'enceinte (conventionnel ou non) n'est disponible. Elle est associée aux autres mesures du plan d'urgence de l'unité 1 de Tihange.

0.3.5 Conclusions relatives à la gestion des compétences, des connaissances et du comportement

Electrabel a analysé les facteurs humains et organisationnels pouvant avoir un impact sur la sûreté de l'exploitation de la centrale nucléaire de Tihange 1 dans le cadre de l'exploitation à long terme. Le niveau de maturité de ces facteurs doit être conforme aux normes de sûreté actuelles et offrir une réponse adéquate aux aspects spécifiques associés à une exploitation à long terme, comme le maintien des connaissances critiques lorsque des travailleurs expérimentés prennent leur retraite.

L'évaluation est menée dans trois domaines :

- La **culture de sûreté nucléaire** et les caractéristiques comportementales associées
- Les processus associés à la gestion et au développement des compétences

Des mesures sont prises afin de garantir que le transfert des connaissances soit effectué de façon structurée et d'éviter toute perte de connaissances critiques.

- La **gestion des connaissances**, plus particulièrement associées aux bases de conception (Design Basis)

Dans le cadre de l'audit OSART mené à Tihange 1 en 2007, la culture de sûreté nucléaire et les processus associés à la gestion et au développement de compétences ont été reconnus conformes aux normes internationales de l'AIEA. Ceci a été confirmé par les auto-évaluations réalisées dans le cadre du projet LTO.

Bien que l'analyse menée permette de conclure que le processus de développement des compétences accorde suffisamment d'attention à la menace de perte des compétences critiques grâce à diverses mesures qui permettent un transfert structuré des connaissances, la gestion des connaissances relatives aux bases de conception a toutefois été identifiée comme point d'amélioration et un plan d'action est proposé avec les objectifs suivants :

- Identification de l'expertise et des experts disponibles dans le domaine des bases de conception.
- Nécessité de décrire le niveau de connaissances des bases de conception requis pour pouvoir effectuer des tâches spécifiques au sein de processus essentiels, comme la gestion des modifications.

1 Introduction

1.1 Définition : qu'est-ce que l'exploitation à long terme ?

Avant de poursuivre, il est important de définir ce que l'on entend par exploitation à long terme (LTO).

Définition de l'exploitation à long terme

L'Agence Internationale pour l'Énergie Atomique (AIEA) définit, dans le No. 57 de sa Safety Report Series (SRS), Safe Long Term Operation of Nuclear Power Plants [11], l'exploitation à long terme comme suit :

L'exploitation à long terme (LTO) d'une centrale nucléaire peut être définie comme la prolongation de son exploitation au-delà d'une échéance temporelle initialement établie sur base, par exemple, de la durée de sa licence, de sa conception, ainsi que de normes et/ou de règlements. Cette prolongation est justifiée par une analyse de la sûreté, en tenant compte des processus et caractéristiques susceptibles de limiter la durée de vie des systèmes, structures et composants (SSC).

L'exploitation à long terme est donc la prolongation de l'exploitation d'une centrale nucléaire au-delà d'une échéance préalablement fixée.

Les raisons pour lesquelles la durée de vie d'une centrale est limitée à une certaine période varient. Ces raisons comprennent notamment : la conception de la centrale, la durée d'exploitation permise par l'autorisation et les contraintes réglementaires ou légales.

Conditions de prolongation de la durée de vie d'une centrale nucléaire

Avant que l'exploitation à long terme d'une centrale nucléaire puisse être autorisée, divers aspects de sûreté doivent être analysés. Là où cela s'avère nécessaire, il nous faut développer des solutions adaptées.

Ces solutions peuvent concerner :

- Les systèmes, structures et composants (SSC)
- Les processus susceptibles de limiter la durée de vie

1.2 Pratiques à l'échelle internationale

L'exploitation à long terme des centrales nucléaires est aujourd'hui une pratique internationale courante.

L'exploitation des centrales nucléaires est prolongée dans de nombreux pays, en particulier aux États-Unis. La Commission de Réglementation Nucléaire des États-Unis (United States Nuclear Regulatory Commission, U.S.NRC) a accordé les premières prolongations d'autorisations d'exploitation en 2000. La durée de vie permise a ainsi été portée à 60 ans. Depuis 2000, la U.S.NRC a prolongé des dizaines d'autorisations. Elle a également créé un cadre réglementaire.

En Europe aussi, on observe de telles prolongations. Plusieurs centrales nucléaires ont obtenu l'autorisation de prolonger leur exploitation au-delà de 40 ans. Il s'agit notamment des centrales de Borssele (Pays-Bas), Beznau (Suisse) et Ringhals (Suède). En France, des mesures légales ont été prises pour permettre de prolonger la durée de vie de leur parc de production nucléaire.

En Belgique, les arrêtés royaux qui ont accordé un permis d'exploitation à nos centrales nucléaires – dont les premières ont été mises en service en 1975 – ne spécifient pas une durée de vie déterminée. En revanche, nos centrales sont soumises à des Révisions périodiques de Sécurité (Periodic Safety Reviews, PSR) tous les 10 ans. Ce système permet de s'assurer que tant les équipements que leur exploitation évoluent en suivant les meilleures pratiques du moment. Afin de garantir le meilleur niveau de sûreté nucléaire à tout moment, les règles régissant l'utilisation et l'exploitation de la centrale sont également revues lors des PSR.

En Belgique, la loi de sortie du nucléaire votée en 2003 limite la durée d'exploitation des centrales nucléaires à 40 ans. En octobre 2009, toutefois, le gouvernement belge a annoncé son intention de rendre légalement possible l'exploitation des centrales de Doel 1&2 et de Tihange 1 jusqu'en 2025, ce qui équivaldrait à une durée de vie totale de 50 ans.

À cet égard, l'Agence Fédérale de Contrôle Nucléaire (AFCN) en Belgique a publié une note stratégique relative à l'exploitation à long terme de Doel 1&2 et de Tihange 1 [1]. Cette note précise que l'exploitation à long terme de ces centrales doit être évaluée dans le cadre de la quatrième PSR. Cette optique s'intègre parfaitement dans la démarche générale d'amélioration continue, qui fait partie de la politique de sûreté nucléaire mise en œuvre.

1.3 Le projet LTO d'Electrabel

Electrabel souhaite poursuivre l'exploitation des centrales nucléaires de Doel 1&2 et de Tihange 1 au-delà de 2015.

Notre projet LTO a démontré que les processus de vieillissement et leurs conséquences potentielles sont sous contrôle. Nous veillerons à ce que les systèmes, structures et composants continuent à remplir les fonctions pour lesquelles ils ont été conçus, tout au long de la période de prolongation de l'exploitation. Nous élèverons par ailleurs la sûreté des centrales jusqu'au plus haut niveau qui puisse être atteint.

Notre projet LTO est conforme aux références internationales. En outre, nous allons améliorer la conception des centrales en la réévaluant et en la comparant à la conception de centrales plus récentes et nouvellement conçues. De plus, nous nous focalisons séparément sur les facteurs humains et organisationnels relatifs à l'exploitation d'une centrale nucléaire (compétences, connaissances et comportement).

Principaux domaines d'attention

Electrabel a identifié quatre principaux domaines d'attention dans la note stratégique de l'AFCN [1] :

- Pré-conditions pour l'exploitation à long terme (LTO-Preconditions)
- Gestion du vieillissement (LTO-Ageing)
- Réévaluation de la conception (LTO-Design)
- Gestion des connaissances, des compétences et du comportement

Ces domaines sont gérés de façon intégrée.

Calendrier

Electrabel s'engage à réaliser son projet LTO dans le respect du calendrier convenu, compte tenu des attentes suivantes de l'AFCN et d'Electrabel :

Exigences de l'AFCN (voir note stratégique [1])	Attentes d'Electrabel	Échéance
L'exploitant soumet aux autorités de sûreté belges le dossier LTO-Report avec propositions d'amélioration de la conception et de la gestion du vieillissement (conformément au 10 CFR part 54 [2]).	–	Fin 2011
Définition d'une Agreed Design Upgrade (la liste d'actions et/ou de modifications proposées par l'exploitant, dans le cadre du dossier LTO-Report, est analysée par les autorités de sûreté en vue de définir, après concertation avec l'exploitant, le champ de l'amélioration de conception accepté, c'est-à-dire l'Agreed Design Upgrade).	Position de l'AFCN sur le dossier LTO-Report complet avant la mi-2012 afin qu'Electrabel puisse mettre en œuvre, en temps voulu, les mesures correctives et les plans d'action inclus dans le dossier LTO-Report.	Mi-2012
L'exploitant soumet une version révisée ou une annexe au rapport de sûreté (description de la gestion du vieillissement, mise en œuvre du plan	Confirmation finale par les autorités belges de la prolongation de l'exploitation, sur base du rapport récapitulatif de la 4 ^e Révision	2015

Exigences de l'AFCN (voir note stratégique [1])	Attentes d'Electrabel	Échéance
d'action LTO et résultats des examens TLAA, ...) Mise en œuvre des programmes de gestion du vieillissement.	périodique de Sûreté (Periodic Safety Review, PSR) de Tihange 1 et Doel 1&2.	
Réalisation des modifications de la conception.	-	< 2020

Révision périodique de Sûreté (« Periodic Safety Review », PSR)

Comme mentionné dans la note stratégique de l'AFCN, l'exploitation à long terme est évaluée dans le cadre de la quatrième PSR, conformément au guide de sûreté No. NS-G-2.10 de l'AIEA, Periodic Safety Review of Nuclear Power Plants [5]. Ce guide identifie 14 facteurs de sûreté (« Safety Factors ») couvrant plusieurs sujets.

Parmi les sujets pris en compte dans le cadre de la PSR, citons notamment :

- Les programmes de gestion du vieillissement
- La réévaluation et l'amélioration de la conception
- L'évolution des règles applicables et de référence
- La fiabilité des équipements, les facteurs humains et organisationnels

1.4 Organisation du projet

Le projet LTO pour Doel 1&2 et Tihange 1 aborde de façon systématique et structurée les préoccupations décrites dans la note stratégique LTO de l'AFCN en se basant sur la pratique de la Commission de Réglementation Nucléaire des États-Unis (U.S.NRC) en la matière et sur les références internationales développées par l'AIEA.

Electrabel a mobilisé des experts au sein du Groupe GDF SUEZ et sollicité la participation d'experts externes afin de préparer et de documenter le projet, et d'en vérifier ses conclusions.

1.4.1 Réseau d'experts et équipes multidisciplinaires

Notre organisation de projet est en phase avec la nature des différents domaines couverts par le projet LTO. Les équipes LTO-Ageing, par exemple, sont structurées autour de l'**expertise** des groupes SSC potentiellement concernés par le vieillissement, à savoir : les équipements et structures mécaniques, les composants EI&C et les bâtiments.

Nos équipes, réunies sous la direction du département Corporate Nuclear Assets and Projects (Business Entity Generation), sont par ailleurs de nature **multidisciplinaire** et comprennent des ingénieurs et experts issus respectivement :

- Des centrales nucléaires de Tihange et Doel
- De Tractebel Engineering
- De Laborelec, centre de compétence technique
- D'autres sociétés, en fonction des spécificités requises

Le développement du programme de gestion du vieillissement (Ageing Management Program, AMP) fait appel à un **réseau d'experts** unique. Ceux-ci renforcent nos équipes avec leurs connaissances et expérience spécifiques, qui sont extrêmement précieuses lors de l'évaluation de nos programmes existants.

L'organisation de ces équipes multidisciplinaires est clairement présentée dans un plan comprenant les politiques générales, les responsabilités, l'autorité et la communication.

Toutes les activités sont placées sous le **contrôle indépendant** du département de Sûreté nucléaire d'Electrabel (ECNSD : Electrabel Corporate Nuclear Safety Department). Ces activités sont en outre conformes aux programmes d'assurance de la qualité de chaque entité d'Electrabel et de Tractebel Engineering.

Le **comité de pilotage** comprend des représentants de la direction de la Business Entity Generation, de l'ECNSD, de Tractebel Engineering et des deux sites nucléaires. Ce comité veille à ce que les moyens et ressources nécessaires soient mis à disposition du projet.

1.4.2 Aperçu de l'organisation du projet

L'organisation générale du projet LTO repose sur la structure présentée ci-dessous :

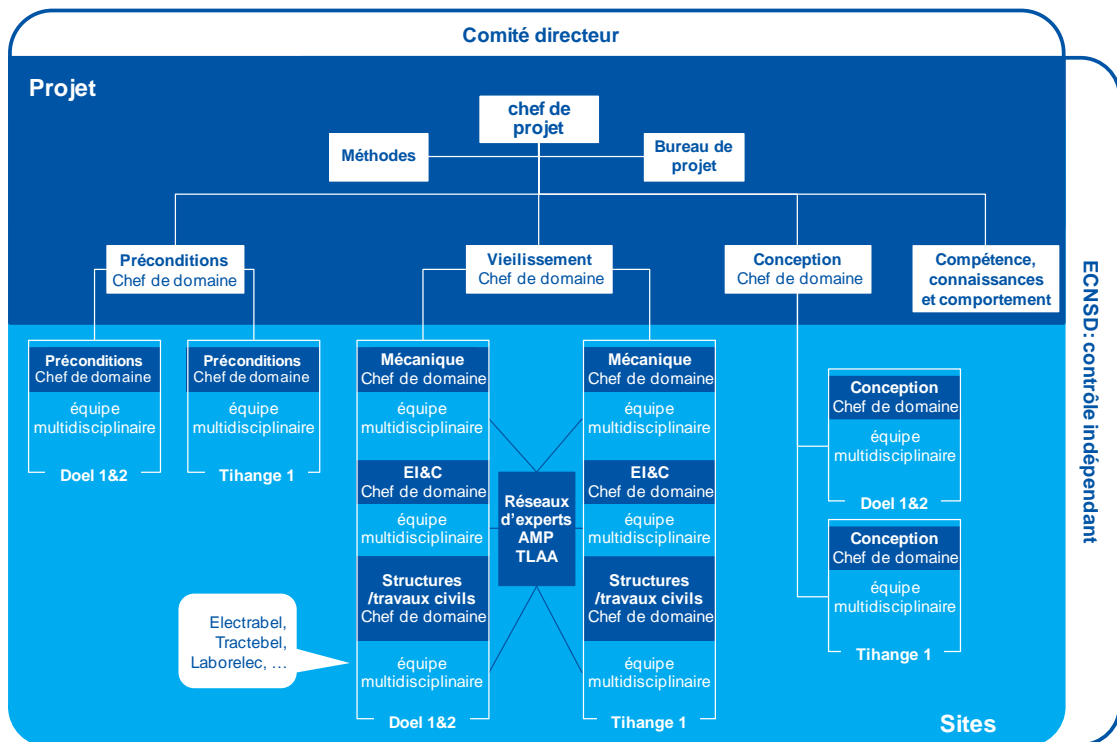


Figure 1: organisation du projet

1.5 Sources nationales et internationales

L'approche globale décrite dans ce document est conforme à la note stratégique LTO publiée par l'AFCN [1]. Elle suit également les meilleures pratiques et normes internationales, en particulier celles de l'AIEA et de la Commission de Réglementation Nucléaire des États-Unis (U.S.NRC).

Les exigences et directives de l'U.S.NRC ont été utilisées pour la conception et l'obtention de l'autorisation d'exploitation des centrales nucléaires en Belgique. Elles conviennent particulièrement pour la partie LTO-Ageing, car de nombreuses centrales américaines équipées du même type de réacteur que les centrales belges ont été soumises à une procédure LTO-Ageing dans le passé. Des documents méthodologiques génériques ont été établis au cours de ce processus. Parmi ceux-ci, nos principales références pour l'aspect LTO-Ageing sont le 10 CFR part 54 [2] et le rapport GALL sous la dénomination NUREG-1801 [3].

Pour la réévaluation de la conception, nous nous sommes basés sur les exigences du document AIEA NS-R-1 : « Safety of Nuclear Power Plants : Design » [25], ainsi que sur les directives sous-jacentes relatives à la conception et élaborées par l'AIEA.

Notre approche se base également sur les meilleures pratiques de l'industrie nucléaire.

2 Point de départ de l'exploitation à long terme

2.1 Amélioration continue

La centrale nucléaire de Tihange 1 a été mise en service en 1975. Elle approche donc les 40 ans d'exploitation. Jusqu'à présent, elle a produit, avec un niveau de sûreté reconnu, la puissance électrique pour laquelle elle a été conçue.

Afin d'atteindre cette performance, des efforts ont été mis en œuvre en matière d'amélioration continue dès la mise en service de la centrale.

2.1.1 Principe de l'amélioration continue

Le principe d'amélioration continue adopté par Electrabel est fondé sur le « Cercle de Deming » dans lequel les 4 étapes « Plan », « Do », « Check » et « Act » se succèdent en continu.

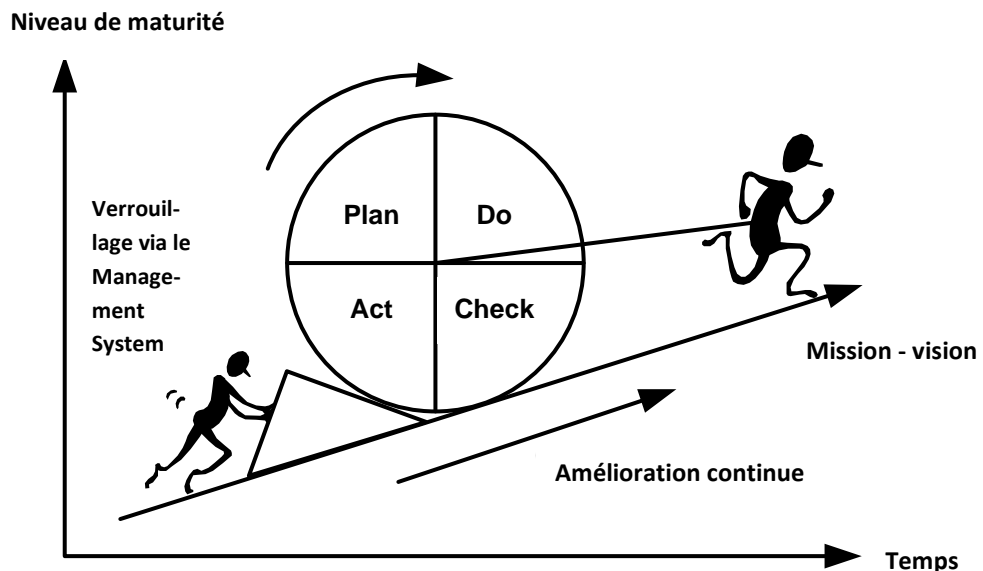


Figure 2 : Principe et organisation de l'amélioration continue.

Ce principe pose également des exigences de qualité. Le niveau de réponse à ces exigences de qualité s'appelle le « niveau de maturité ». Il existe quatre niveaux de maturité :

- **Start** : tout le monde travaille de manière « ad hoc » sans coordination.
- **Low** : il y a une collaboration sûre et les résultats des processus sont sous contrôle.
- **Medium** : la collaboration au sein de l'organisation est disciplinée de telle manière que non seulement les résultats globaux sont conformes, mais ceux des processus individuels également.
- **High** : ce niveau de maturité est atteint lorsque tous les processus fonctionnent de manière intégrée et qu'en plus, la stratégie et le système sont sous contrôle permanent, autonomes et autocorrecteurs.

Pour toutes les activités afférentes à la sûreté nucléaire, à la sécurité et à la santé, ainsi qu'à l'environnement, c'est le niveau **High Maturity** qui est visé.

2.1.2 Amélioration continue des installations

Ces dernières décennies ont vu une évolution marquée dans le domaine nucléaire. Alors qu'au niveau international, l'on se focalisait à un moment donné sur l'Operations & Maintenance Excellence, la centrale nucléaire de Tihange – en collaboration avec le bureau d'études Tractebel Engineering – a toujours consacré une grande attention aussi à l'évolution de la conception.

Conception initiale

La conception initiale des centrales repose sur des bases réglementaires solides : les codes nucléaires américains et la réglementation 10CFR50 concernant tout l'îlot nucléaire. Par après, l'introduction du code ASME a permis de distinguer l'importance des circuits nucléaires et de renforcer les exigences de sûreté pour chaque circuit.

Objectifs des améliorations

Les améliorations aux installations ont pour objectifs principaux :

- D'améliorer la sûreté nucléaire
- D'accroître la disponibilité et la fiabilité des installations

Les principales modifications dans le cadre de la sûreté nucléaire découlent des révisions décennales appelées « Révisions périodiques de Sûreté » (Periodic Safety Reviews – PSR).

1^{ère} Révision périodique de Sûreté (PSR 1)

La première PSR a été la plus conséquente. Les nouvelles connaissances acquises alors sur base de l'expérience internationale relative aux premières centrales PWR ont permis de substantiellement améliorer la sûreté nucléaire. Ceci notamment sur base des prescriptions qui ont été suivies pour la construction des nouvelles unités. En outre, les thèmes liés à la sûreté ont été renforcés, tout comme les expériences et réglementations relatives aux centrales à l'étranger.

La première PSR fut un moment important dans l'évaluation de la conception des centrales dans le cadre de la sûreté nucléaire, conformément au NUREG-0737 [24] relatif aux actions préconisées après l'accident de Three Mile Island (TMI).

Voici quelques-unes des modifications substantielles réalisées à Tihange 1 lors de la PSR 1 :

- Révision et remplacement d'une grande partie du système de refroidissement de la mise à l'arrêt du réacteur afin d'accroître la disponibilité de cette fonction.
- Installation d'un tableau de commande d'ultime repli et de systèmes complémentaires de manière à permettre de contrôler l'arrêt à froid en cas d'accident non pris en compte lors de la conception initiale.
- Remplacement de l'ensemble du système de protection contre les surpressions du circuit primaire.
- Installation de recombineurs autocatalytiques d'hydrogène dans l'enceinte.
- Vérification et amélioration de la capacité des bâtiments et des systèmes nucléaires principaux de l'unité à résister de façon structurelle et sans conséquences radiologiques inacceptables à un tremblement de terre de 0,17 g plutôt que de 0,1 g (qui était la valeur prise en compte lors de la conception initiale).
- Installation de nouveaux systèmes de détection d'incendie et de protection contre le feu, principalement dans le bâtiment des auxiliaires électriques.
- Réévaluation et renforcement de toutes les lignes à haute énergie.

2^e Révision périodique de Sûreté (PSR 2)

Des études et actions supplémentaires ont été réalisées afin de moderniser les installations, de renforcer les systèmes de protection du réacteur et de remplacer des composants obsolètes. À cette occasion, les aspects liés au vieillissement et à l'usure ont également été mis en avant dans le cadre de la sûreté nucléaire.

Parmi les modifications apportées lors de la PSR 2, citons :

- Les modifications aux détecteurs du système de contrôle des radiations afin de garantir leur efficacité opérationnelle dans un environnement dégradé à l'intérieur de l'enceinte.
- L'installation de connecteurs qualifiés pour les capteurs de mesure de la température et de la pression, ainsi que pour les organes de commande à l'intérieur du bâtiment du réacteur.
- Le remplacement complet du système de protection du réacteur pour permettre un contrôle en continu du fonctionnement correct du système, ainsi que la réalisation d'essais périodiques automatiques de ce système, réacteur en fonctionnement.

Par ailleurs, une analyse probabiliste des risques a été réalisée.

3^e Révision périodique de Sûreté (PSR 3)

Suite aux évaluations effectuées dans le cadre de la PSR 3, les modifications suivantes ont été mises en œuvre à Tihange 1 :

- Mise à niveau du pont polaire en lien avec l'évolution de la réglementation.
- Installation de deux nouveaux puits de prélèvement d'eau de la nappe phréatique comme source froide d'ultime secours.
- Amélioration de la séparation physique et de la résistance aux défaillances uniques du circuit d'aspersion du bâtiment du réacteur.

Autres améliorations

Outre les améliorations résultant des PSR, de nombreuses autres modifications et améliorations ont été apportées aux installations suite à :

- Des inspections, de la maintenance et des retours d'expérience internes
- Des sources externes, y compris les retours d'expérience
- Des incidents et accidents nucléaires importants, tels ceux de Three Mile Island, Tchernobyl et Fukushima (projet Belgian Stress Tests - BEST)

Quelques exemples importants :

- Installation d'une tour de refroidissement à tirage naturel (1991).
- Remplacement des modules du condenseur du groupe turbo-alternateur (1992).
- Qualification de l'instrumentation en cas d'accident (1992).
- Ajout d'instrumentation pour contrôler le système primaire dans l'état à froid à mi-boucle (1994).
- Remplacement des générateurs de vapeur et des rotors basse pression de la turbine (1995).
- Remplacement du couvercle de la cuve du réacteur (1999).
- Remplacement des filtres de recirculation dans l'enceinte (2004 et 2011).

2.1.3 Amélioration continue en matière d'exploitation et de maintenance

En matière d'Operations & Maintenance (O&M) aussi, les évolutions ont été nombreuses. Il est impossible de décrire chaque évolution, mais nous en donnons ici les grandes lignes.

Spécifications Techniques

Le contenu des Spécifications Techniques de fonctionnement du réacteur a évolué de façon considérable aux États-Unis. À Tihange aussi, le contenu des Spécifications Techniques décrivant les conditions et limites d'exploitation de la centrale en mode opératoire normal a été fortement développé en y incluant une mention des actions à prendre par l'opérateur en cas de franchissement d'une des limites de fonctionnement. L'ensemble de ces conditions et limites de fonctionnement, reflétant les bases de conception de la centrale, est mentionné dans le Rapport de sûreté associé à la centrale.

Exploitation

Les procédures d'exploitation ont également été revues en profondeur, tout comme les procédures à suivre par les opérateurs en salle de commande en cas d'incident, d'accident ou de test. Des évolutions similaires ont eu lieu dans d'autres domaines : chimie, protection contre les rayonnements, sécurité industrielle, maintenance, ingénierie et gestion du personnel.

Dans le cadre de la PSR 1, des investissements importants ont été réalisés en matière de formation des opérateurs. Un simulateur de salle de commande, basé sur la centrale de Tihange 2 mais avec des adaptations pour Tihange 1 et 3, a ainsi été conçu et installé sur le site de Tihange en 1988.

Maintenance et Engineering

Le domaine de la maintenance a vu évoluer les méthodes de travail et apparaître la nécessité de pérenniser les connaissances. Les objectifs sont clairs : garantir la fiabilité et la sûreté de fonctionnement des équipements, éviter les erreurs, maîtriser les plannings, actualiser la documentation, gérer les pièces de rechange, contrôler les coûts, faciliter l'accès aux connaissances pour les nouveaux collaborateurs.

La gestion des travaux de maintenance aussi a fortement évolué. Plusieurs réexamens des politiques et des besoins de maintenance ont ainsi été réalisés. Cela a généré une base de données détaillée pour les activités de maintenance, complétée par le retour d'expérience (cf. § 4.1 : Pré-conditions pour plus de détails).

Un environnement de formation (appelé « chantier école ») a été mis en place en ce qui concerne les activités de maintenance. Les objectifs sont de sensibiliser le personnel à la sûreté nucléaire, à la sécurité des personnes et aux bonnes pratiques pendant les périodes de simulation d'activités d'entretien à ce « chantier école ». Pour ces formations, un système de certification de la compétence est établi. Chaque collaborateur technique interne ou externe suit cette formation imposée.

Le département Engineering s'est progressivement développé à la centrale de Tihange avec pour mission d'assurer la disponibilité des équipements pour le moyen et le long terme ainsi que de gérer toutes les modifications et les projets techniques dans le respect des bases de conception.

Un des développements les plus récents concerne la mise en place du processus « System Health Report » qui a pour but d'assurer un suivi de la performance des systèmes importants pour la sûreté. Ce suivi de tendance permet de prendre en temps utile les décisions nécessaires quant à la maintenance préventive ou curative, voire quant au remplacement préventif des équipements concernés.

Le programme « In Service Inspection (ISI) » est mis en œuvre selon – et respecte l'évolution de – l'American Society of Mechanical Engineers (ASME).

2.1.4 Amélioration continue de l'organisation

L'organisation comprend les processus qui doivent assurer la sûreté nucléaire à long terme. Elle veille à une culture adaptée, au leadership, aux ressources humaines et à la mise à disposition des moyens requis. Elle vise l'allocation optimale des ressources matérielles et humaines.

L'organisation couvre les installations, mais aussi l'environnement de la centrale et l'évolution des connaissances dans de nombreux domaines. Nous donnons ci-après quelques grandes étapes au niveau de l'évolution de l'organisation.

Objectifs

Dans une centrale nucléaire, le degré de sûreté dépend évidemment de l'état et de la performance des installations. Le personnel en charge de la conduite de la centrale et le personnel d'entretien de l'ensemble des équipements et structures constituent un deuxième pilier fondamental.

L'objectif de base demeure d'éviter les incidents grâce au partage d'expériences et à l'introduction de bonnes pratiques. Nous voulons apprendre de nos propres erreurs, ainsi que de celles des autres. Nous voulons être ouverts aux autres afin de partager l'expérience acquise. Quelques exemples : WANO, INPO, EPRI, ...

Ci-après sont repris quelques exemples importants qui s'y rapportent.

Améliorations après Three Mile Island (1979)

Après l'accident de Three Mile Island en 1979, les améliorations ont dépassé le seul cadre technique et ont englobé les aspects suivants :

- La connaissance des phénomènes physiques qui interviennent dans le fonctionnement de la centrale a été intégrée dans les formations du personnel
- Les procédures en cas d'accident ont été davantage développées
- L'ergonomie de la salle de commande a été reconsidérée
- Le plan d'urgence a été davantage documenté et structuré

Améliorations après Tchernobyl (1986)

Les améliorations suivantes ont été mises en œuvre suite à l'accident de Tchernobyl en 1986 :

- Davantage de contacts internationaux, par l'intermédiaire notamment de l'association mondiale des opérateurs nucléaires (World Association of Nuclear Operators, WANO) en ce compris l'organisation formelle du retour d'expérience entre opérateurs
- Développement du retour d'expérience et de la documentation en interne
- Introduction d'une systématique en matière d'audits externes, par la pratique des VISUREX (audits par des pairs organisés avec EdF) et des WANO Peer Reviews

Améliorations après Fukushima (2011)

Electrabel a évalué l'organisation de son plan d'urgence suite à l'accident de Fukushima. Un plan d'action est en cours de développement – sur le site de Tihange et au niveau de la Direction Générale d'Electrabel – pour être en mesure de faire face à des événements externes potentiels affectant simultanément plusieurs unités d'un même site.

Améliorations au niveau de la performance et du comportement humains

Des processus innovants ont également été introduits en matière de performance et de comportement humains (Human Performance and Behaviour) afin de garantir la qualité des interventions humaines. Ce processus est soutenu par la gestion des performances : des attentes sont clairement définies et des accords conclus au niveau individuel, puis évalués périodiquement. Une attention croissante est portée au suivi, aux audits et au contrôle des performances humaines.

Améliorations au niveau de la structure organisationnelle

La structure organisationnelle a aussi évolué. À la fin des années 90, une appropriation plus ciblée des installations de la part des différentes équipes de maintenance a été recherchée afin de créer un niveau élevé d'expertise et d'implication. En parallèle, la gestion de la maintenance a été plus axée sur la maintenance préventive et prédictive. L'organisation dans le cadre d'activités à plus long terme comme les grands projets et études liés au vieillissement, ainsi que les activités de maintenance étendues, a également été développée.

Sur le plan de la sûreté, divers comités sont actifs, dont les principaux sont le Comité d'évaluation du fonctionnement de l'unité (Plant Operations Review Committee, PORC) et le Comité d'évaluation du fonctionnement du site (Site Operations Review Committee, SORC). Le PORC s'assure que les processus liés à la sûreté sont suivis de manière correcte dans chaque unité d'exploitation du site nucléaire et participent à différentes étapes de ces processus. Le SORC est un organe de réflexion et de décision relatif aux points d'attention de sûreté au niveau du site nucléaire dans son ensemble. Ces comités internes sont complétés par un comité indépendant de sûreté nucléaire (Independent Nuclear Safety Committee, INSC) dont certains participants, ainsi que le président, sont des experts indépendants de l'exploitant. L'INSC a dans ses missions le suivi du niveau de performance atteint en matière de sûreté opérationnelle.

Améliorations au niveau de la qualité et de la sûreté

La centrale de Tihange intègre depuis longtemps des systèmes de gestion de la qualité et de la sûreté. Le principe de l'amélioration continue a été introduit dans le Chapitre 17 du Rapport de Sûreté au milieu des années 2000.

Outre les domaines nucléaires, l'amélioration continue couvre également les domaines non-nucléaires. C'est le cas du domaine Sécurité et Santé (OHSAS 18001), ainsi que du domaine Environnement et Gestion durable (ISO 14001 et EMAS). Ces domaines sont audités et évalués de façon périodique. Les actions d'amélioration requises sont mises en œuvre puis évaluées.

2.1.5 Suivi par les autorités

La dimension nucléaire d'une centrale requiert un suivi strict de la part des autorités. L'amélioration continue n'est pas seulement une question d'installation et d'organisation, mais elle est également imposée par le législateur dans le texte de l'Arrêté Royal du 5 septembre 1974 octroyant l'autorisation d'exploitation de Tihange 1.

Rapport de Sûreté

Le Rapport de Sûreté reflète les bases de conception et les conditions de fonctionnement de chaque centrale. Ce rapport contient une description technique de la centrale et reprend les exigences techniques auxquelles elle doit satisfaire. Les exigences et limites pratiques, ainsi que le contrôle de ces dernières, sont décrites dans les Spécifications techniques. Cela permet à l'exploitant et à l'autorité de sûreté de suivre de façon stricte et permanente le champ d'exploitation accordé.

PSR : AFCN

L'autorisation de chaque unité nucléaire belge stipule qu'une évaluation de la sûreté doit être mise en œuvre tous les dix ans à partir de l'octroi de l'autorisation d'exploitation. Cette évaluation doit se faire conformément aux directives de l'Agence Fédérale de Contrôle Nucléaire (AFCN).

Tous les dix ans, l'exploitant examine les aspects techniques de la centrale et compare l'état de la centrale avec l'évolution des règles et pratiques les plus récentes en matière de sûreté dans l'Union européenne et aux États-Unis. Les conclusions et plans d'action associés sont transmis aux autorités.

Inspection et contrôle : AFCN et sa filiale Bel V

L'AFCN est responsable de la surveillance et du contrôle, pour le compte des pouvoirs publics, en ce qui concerne la protection contre le rayonnement ionisant et la sûreté nucléaire. Les inspections et contrôles permettent d'exécuter un « Integrated Safety Assessment » des activités de l'exploitant.

L'AFCN procède essentiellement à des inspections par thème selon un planning pluriannuel ainsi qu'au suivi de grands projets de sûreté afin de s'assurer que tous les impératifs de sûreté sont pris en compte dès la conception.

Dans la pratique quotidienne, le contrôle en cours d'exploitation est effectué sur site par les inspecteurs de Bel V. Bel V rapporte à l'Agence Fédérale de Contrôle Nucléaire (AFCN) en tant qu'expert technique de cette dernière.

Les inspecteurs de Bel V réalisent aussi des inspections thématiques en support à l'AFCN. Au cours de celles-ci, ils se focalisent spécifiquement sur des thèmes concrets comme, par exemple, les problèmes d'exploitation, les projets, les formations, les audits, la performance humaine, etc.

Audit OSART : AIEA

Un audit OSART de la centrale par un groupe d'experts de l'Agence Internationale pour l'Énergie Atomique (AIEA) ne peut être sollicité que par les autorités nationales. Une telle mission se focalise sur les aspects liés à la gestion opérationnelle d'une centrale et a pour objectif de comparer les structures mises en place pour la gestion du fonctionnement de la centrale avec les meilleures pratiques internationales. Une mission de ce type est définie sous le vocable « groupe de revue de l'évaluation de la sûreté opérationnelle » (Operational Safety Assessment Review Team, OSART).

Une telle mission a eu lieu à Tihange 1 en mai 2007. Le rapport est disponible sur le site Web de l'AFCN. On peut y lire que l'équipe d'experts de l'AIEA est arrivée à la conclusion globale que la sûreté opérationnelle à Tihange était bonne et qu'une haute priorité était accordée par l'exploitant à la sûreté, ainsi qu'à son amélioration continue. Le suivi de cette mission OSART a eu lieu en janvier 2009.

2.2 Résultats d'exploitation

Au cours des 36 années d'exploitation, la production d'électricité a été importante et fiable, sans incident significatif pour la sûreté nucléaire. Aucun des événements survenus à Tihange 1 n'indique un manque de fiabilité ou une évolution à la baisse de la fiabilité. Chaque incident a en outre été parfaitement maîtrisé et a servi de base au retour d'expérience.

2.2.1 Chiffres relatifs à la disponibilité

Énergie produite de 1976 à 2010 en GWh

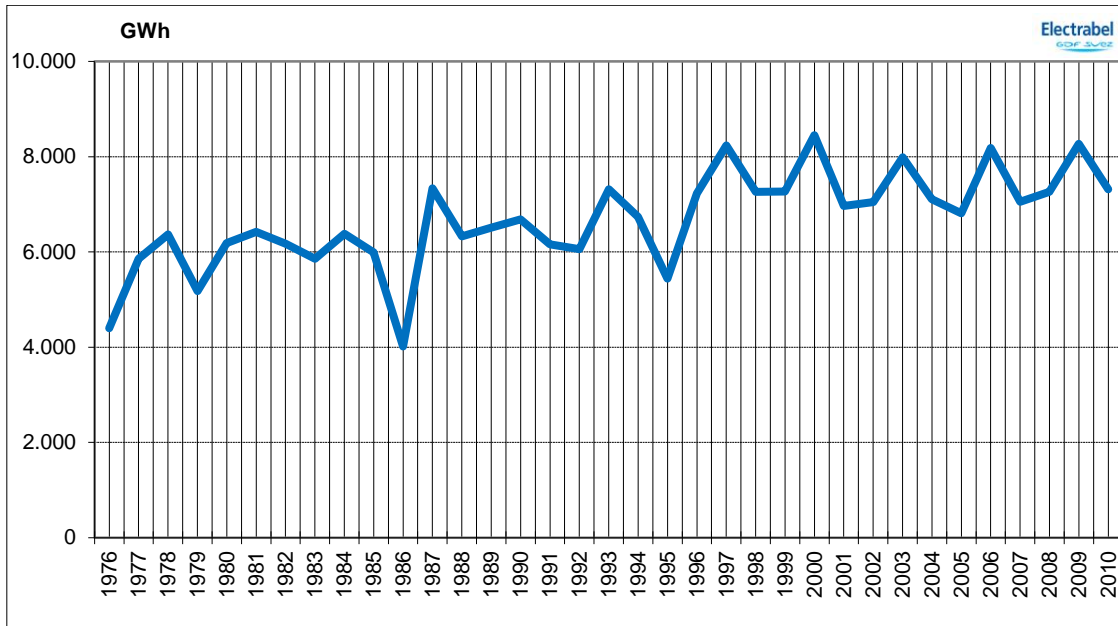


Figure 3 : Production nette annuelle – Tihange 1

Sur base de ces données, Tihange 1 totalise 233.885 GWh d'électricité produite. Après le remplacement des générateurs de vapeur en 1995, l'augmentation de puissance concomitante a permis une production sensiblement plus élevée.

Chiffres de disponibilité annuelle (%)

Le graphique ci-dessous reprend les chiffres de disponibilité annuelle (en %).

Ces chiffres de disponibilité indiquent ce que la centrale a produit, en tenant compte des travaux de maintenance et des indisponibilités internes non prévues des installations par rapport à leur production théorique maximale.

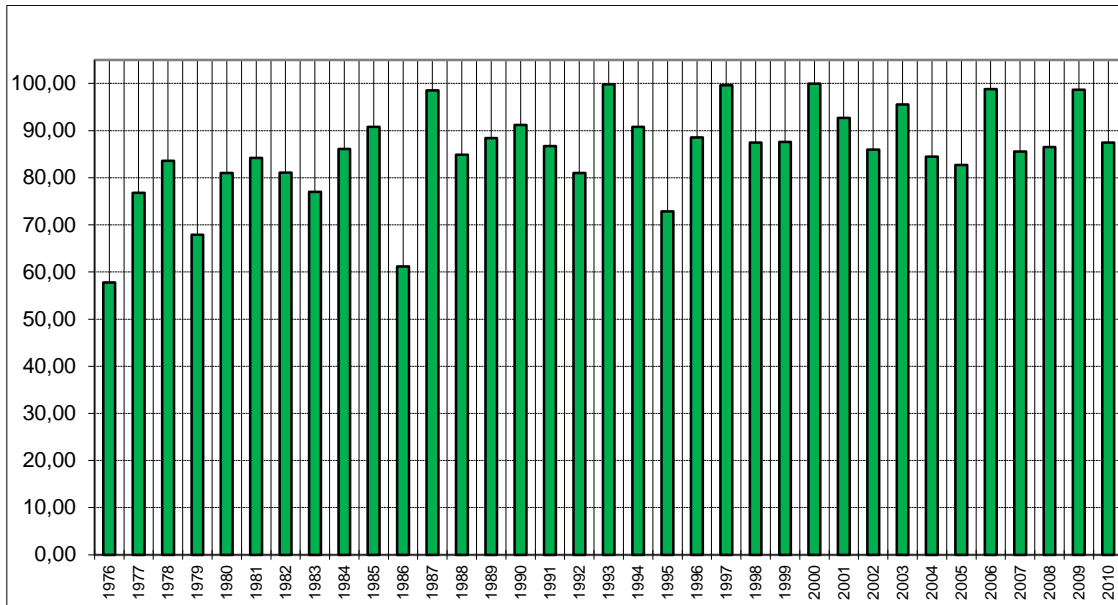


Figure 4 : Coefficient annuel de disponibilité – Tihange 1

2.2.2 Chiffres relatifs aux incidents

Tihange 1 n'a pas connu d'incident nucléaire impliquant une défaillance simultanée des trois barrières (combustible, circuit du réacteur, enceinte du réacteur). Il n'y a pas eu d'arrêts imprévus prolongés attribuables au vieillissement des installations nucléaires.

La centrale de Tihange 1 a néanmoins connu divers événements tant techniques qu'humains. Ces événements sont classés en fonction de leur importance.

Ces événements ont été maîtrisés sans donner lieu à des conséquences significatives et ont alimenté notre processus d'amélioration continue. Très peu d'événements peuvent être reliés à un phénomène de vieillissement.

Tout au long de l'exploitation de la centrale, nous nous efforçons – et c'est aussi notre objectif – de minimiser les risques d'incidents en maîtrisant les processus opérationnels comme la gestion de l'exploitation, la maintenance, la mise en œuvre de retours d'expérience, les contrôles, les formations, la prévention et le professionnalisme.

À propos d'INES

Après la catastrophe de Tchernobyl en avril 1986, une échelle de gravité des incidents fut créée au niveau international afin de communiquer de façon rapide à propos de la gravité d'un incident survenant dans une installation nucléaire. Cette échelle, appelée International Nuclear Event Scale (INES), va de 0 (pas d'impact nucléaire) à 7 (accident majeur avec conséquences radiologiques importantes pour la population et l'environnement).

Chaque centrale nucléaire est obligée de rapporter tout incident et d'en soumettre pour accord le degré de gravité à l'autorité de sûreté nationale (AFCN en Belgique). L'AFCN détermine le degré de gravité et communique ce dernier aux médias.

Incidents après la mise en œuvre d'INES (1993)

Les incidents répertoriés après la mise en œuvre d'INES ont été classés selon leur degré de gravité. La centrale a ainsi connu 9 incidents de catégorie 0 et 25 incidents de catégorie 1.

	Tihange 1
INES 0	9
INES 1	25
INES 2	0
INES 3	0
INES 4	0
INES 5	0
INES 6	0
INES 7	0

Nombre d'incidents par niveau INES (du 20/11/1990 au 24/11/2010)

Ces incidents, de nature mineure, ont été maîtrisés et analysés, et ont conduit à une amélioration des structures, des composants et des procédures d'exploitation. Ils n'ont pas donné lieu à des rejets incontrôlés de radioactivité dans l'environnement ou vers la population.

3 Méthodologie

3.1 Introduction

Dans la note stratégique de l'AFCN [1], Electrabel identifie les domaines d'attention suivants :

- Pré-conditions pour l'exploitation à long terme
- Gestion du vieillissement des équipements et structures
- Réévaluation de la conception
- Gestion des compétences, des connaissances et du comportement

Afin de répondre aux conditions, attentes et recommandations des diverses instances réglementaires, une méthodologie a été développée pour chacun des domaines identifiés. Cette méthodologie est décrite ci-après pour chacun des domaines.

3.2 Pré-conditions

3.2.1 Objectif

La Section 6 de la note stratégique LTO de l'AFCN [1] définit les pré-conditions suivantes pour le LTO :

Un programme d'exploitation à long terme ne peut être couronné de succès que si une série de conditions de base ou de pré-conditions sont réunies. La disponibilité de la documentation et des programmes suivants est considérée comme une condition de base :

- Des programmes au niveau de la centrale pour :

o La maintenance

o La qualification des équipements

o L'inspection en service

o La surveillance et le contrôle

o Le suivi des paramètres chimiques

- Un système de gestion qui intègre l'assurance de la qualité et la gestion de la configuration

- Des analyses initiales de vieillissement limitées dans le temps

- Du Rapport de Sûreté et d'autres documents définissant les bases de conception et de sûreté

L'exploitant doit mener une évaluation préalable pour vérifier que ces pré-conditions sont réunies. Au besoin, l'exploitant définit les plans d'action qui permettent de remplir ces pré-conditions.

3.2.2 Domaines d'application

Les pré-conditions et le vieillissement déterminent tous deux si les exigences de l'AIEA sont rencontrées ou non.

- **Le domaine des pré-conditions LTO** évalue l'état d'avancement actuel du programme (actuel = à la mi-2011). Cette évaluation fait partie des rapports de pré-conditions spécifiques par programme.

Le plan d'action subséquent est conforme aux plans d'action de correction et aux programmes d'amélioration en cours. Il se focalise sur les actions pouvant être liées au LTO.

- **Le domaine du vieillissement LTO** évalue le programme quant à sa capacité de gérer le vieillissement. Cette évaluation fait partie d'une gestion spécifique du vieillissement.

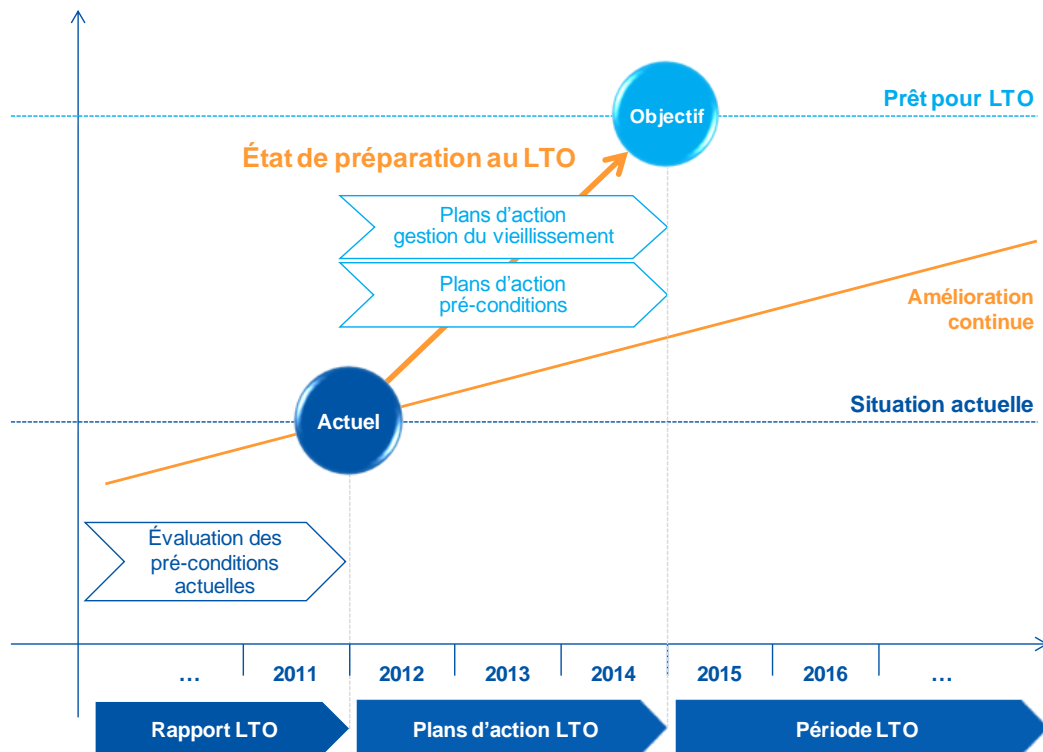


Figure 5 : domaines d'application

Thèmes au sein des pré-conditions LTO

Nous vérifions les pré-conditions en fonction des thèmes suivants, conformément aux attentes de l'AIEA.

Chaque thème est géré par un représentant de site responsable de l'évaluation de la pré-condition sur ce site. Chaque représentant travaille en étroite collaboration avec son pair de l'autre site.

Thème AIEA	Thème Electrabel
Plant program for Maintenance	Maintenance
Plant program for Equipment qualification	Qualification des équipements
Plant program for In-service inspection	Inspection en service
Plant program for Surveillance and monitoring	Surveillance et contrôle
Plant program for Monitoring of chemical regimes	Suivi des paramètres chimiques
A management system that addresses quality assurance and configuration	Gestion de la configuration et Assurance qualité
	Gestion des modifications
Original safety analyses involving time-limited assumptions	Analyses de sûreté originales comportant des hypothèses limitées dans le temps (TLAA)
Current safety analysis report or other licensing basis documents	Rapport de Sûreté actuel et autres documents à la base de l'autorisation d'exploitation

3.2.3 Références et sources d'information spécifiques

Les sources d'information spécifiques suivantes sont utilisées tout au long du processus :

- Safe Long Term Operation of Nuclear Power Plants (IAEA Safety Reports Series N° 57, October 2008) [11]
- Guidelines for peer review of long term operation and ageing management of nuclear power plants (IAEA Services Series 17, SALTO Guidelines, December 2008) [13]
- Safety Aspects of Long Term Operation of Water Moderated Reactors (IAEA-EBP-SALTO, July 2007) [14]

3.2.4 Processus

Electrabel a recours à la méthodologie suivante pour prouver que les pré-conditions sont remplies :

- Une série de critères sont déterminés sur base de documents de l'AIEA et adaptés au contexte belge.
- Une liste de documents et de moyens de support (audits, comités, ...) sur base desquels l'évaluation peut se faire est établie.
- Les divers critères sont évalués ; les manquements éventuels sont identifiés.
- Un plan d'action est établi afin de remédier aux manquements éventuels.

Voici un aperçu général de notre approche :



Figure 6 : processus d'évaluation des pré-conditions

3.3 Gestion du vieillissement

3.3.1 Objectif

Comme mentionné dans le No. 57 de la collection Safety Report de l'AIEA, *Safe Long Term Operation of Nuclear Power Plants* [11] :

Une bonne évaluation LTO démontre que les effets du vieillissement seront gérés de manière adéquate afin que les fonctions de sûreté prévues demeurent cohérentes avec la base de la licence d'exploitation actuelle de la centrale pour la période prévue d'exploitation à long terme.

Afin de démontrer ceci, l'exploitant utilise les outils disponibles dans les références internationales, comme le processus Integrated Plant Assessment (évaluation intégrée d'une centrale, IPA), l'Ageing Management Program (programme de gestion du vieillissement, AMP), les Time-Limited Ageing Analyses (analyses de vieillissement limitées dans le temps, TLAA), ou bien développe, si nécessaire, des processus spécifiques d'évaluation de la gestion du vieillissement (Ageing Management Evaluation, AME). La section suivante explique ceci plus en détail.

3.3.2 Références et sources d'information spécifiques

Cette section énumère les références internationales utilisées comme apport pour le projet LTO-Ageing.

Méthodologie AIEA

Electrabel organise des activités de gestion de l'aspect LTO-Ageing conformément à la méthodologie proposée par l'AIEA :

Intitulé	Référence	Version/Date	Dans ce document
Safe Long Term Operation of Nuclear Power Plants	IAEA-SRS-57	Octobre 2008	[11]
Plant Life Management for LTO of Light Water Reactors	IAEA-TRS-448	Décembre 2006	[15]
Safety Aspects of Long Term Operation of water moderated reactors	IAEA-EBP-SALTO	Juillet 2007	[14]
OSART Guidelines for Long Term Operation	-	Draft rév. 2, Mai 2009	[16]

Distinction entre vieillissement physique et non-physique par l'AIEA

L'AIEA opère une distinction entre le vieillissement physique et non-physique.

Le vieillissement physique ou matériel est le vieillissement des structures, systèmes et composants (SSC) résultant de processus physiques, chimiques ou biologiques. L'usure, les dégâts dus à la chaleur, les dégâts liés au rayonnement, ainsi que la corrosion sont quelques exemples de vieillissement physique.

Le vieillissement non-physique, ou obsolescence technologique, est lié au processus de péremption ou d'obsolescence résultant des évolutions des connaissances et des technologies, ainsi qu'aux modifications qu'elles engendrent au niveau des codes et des normes.

La non-disponibilité de pièces de rechange certifiées pour des équipements anciens, la disparition du fabricant ou fournisseur d'origine, l'incompatibilité entre équipements anciens et nouveaux, les changements culturels, ainsi que les procédures ou documents dépassés sont quelques exemples de vieillissement non-physique. Les pertes de connaissances et de compétences résultant du vieillissement de la main d'œuvre (départs à la retraite) font également partie des processus de vieillissement non-physique.

Davantage d'informations à ce sujet sont données dans la section Pré-conditions (LTO-Preconditions), ainsi que dans la section Compétences, connaissances et comportement.

Directives et codes américains

Electrabel utilise également les directives et codes suivants émanant des organisations américaines :

Intitulé	Référence	Version/Date	Dans ce document
Requirements for renewal of operating licenses for Nuclear Power Plants (U.S.NRC)	10 CFR part 54	2005	[2]
Standard Review Plan for Review of License Renewal Applications for Nuclear Power Plants (U.S.NRC)	NUREG-1800	Révision 1, Septembre 2005	[17]
Generic Ageing Lessons Learned (GALL) Report (U.S.NRC)	NUREG-1801, volumes 1 et 2	Révision 1, Septembre 2005	[3]
Industry Guidelines for Implementing the Requirements of 10CFR part 54 – The License Renewal Rule (Nuclear Energy Institute)	NEI 95-10	Révision 6, Juin 2005	[18]
Plant Support Engineering : License Renewal Electrical Handbook (Electric Power Research Institute)	EPRI 1003057	Révision 1, Janvier 2005	[19]
Non-Class 1 Mechanical Implementation guideline and Mechanical Tools (Electric Power Research Institute)	EPRI 1010639	Révision 4, Janvier 2006	[20]
Ageing Identification and Assessment Checklist. Civil and Structural Components – Final Report (Electric Power Research Institute)	EPRI 1011224	Février 2007	[21]

Position d'Electrabel vis-à-vis des références internationales

Nous avons adopté les références AIEA sans modification significative. Toutefois, les directives, codes et standards américains ont dû être adaptés comme suit au contexte belge :

Modifications	Aux États-Unis	En Belgique
Adaptations majeures	Les centrales nucléaires (nuclear power plant, NPP) ont besoin d'un renouvellement d'autorisation d'exploitation pour le LTO. Les références américaines	Les NPP n'ont pas besoin de renouvellement d'autorisation d'exploitation pour le LTO. D'après le §11 de la note stratégique LTO de l'AFCN [1], l'approbation LTO est intégrée dans le processus d'approbation de la 4e PSR. La méthodologie spécifique pour l'aspect LTO-

Modifications	Aux États-Unis	En Belgique
	n'incluent pas de composants actifs dans la portée du LTO. Elles partent du principe qu'ils sont couverts par la Maintenance Rule (U.S.NRC 10 CFR 50.65).	Ageing s'applique également aux composants actifs, comme requis dans la note stratégique LTO de l'AFCN [1].
Adaptations mineures (non exhaustif)	10 CFR 54 [2]	Electrabel a développé son processus IPA sur base du 10CFR54. Celui-ci a notamment été adapté à la méthodologie de vieillissement existante en Belgique.
	NUREG-1800 [17]	La liste des groupes de produits, des types de composants et des types de structures dans NUREG-1800 [17] est adaptée aux centrales nucléaires belges pour la partie <i>Scoping of structures and EI&C components</i> .
	NUREG-1801 [3]	Les programmes de gestion du vieillissement institués dans NUREG-1801 [3] sont adaptés afin d'être appliqués aux NPP belges et intégrés dans les pratiques courantes.
	NEI 95-10 [18]	Pour ce qui est du NEI 95-10 [18], l'adaptation des composants passifs pour les différentes phases de l'Integrated Plant Assessment (IPA) est expliquée dans la méthodologie spécifique au LTO-Ageing. Le processus de qualification des équipements (RSQ) a été intégré dans le processus IPA pour les composants EI&C.

3.3.3 Processus : Integrated Plant Assessment (IPA)

Electrabel a fondé son approche LTO-Ageing sur le processus Integrated Plant Assessment (évaluation intégrée d'une centrale, IPA). L'IPA est un processus de gestion standardisé du LTO-Ageing pour des composants passifs. Il a été adopté à l'échelle internationale.

Dans 10 CFR part 54 [2], la U.S.NRC définit l'IPA comme suit :

Une évaluation par le détenteur d'une licence qui démontre que les structures et composants d'une centrale nucléaire nécessitant une revue de la gestion du vieillissement, conformément au 10 CFR 54.21(a) relatif au renouvellement de licence ont été identifiés, et que les effets du vieillissement sur la fonctionnalité de ces structures et composants seront gérés afin de préserver la base de licence actuelle de façon à maintenir un niveau de sûreté acceptable pendant la prolongation de la période d'exploitation.

Les **composants passifs** sont des structures ou composants :

Qui remplissent une fonction attendue, ..., sans pièce mobile et sans changement dans la configuration ou les propriétés. Ces structures et composants comprennent, entre autres, la cuve du réacteur, l'enveloppe de pression du circuit primaire, les générateurs de vapeur, le pressuriseur, les tuyauteries, les volutes de pompes, les corps de vannes, les structures supportant le cœur, les supports d'équipements, les enveloppes de rétention de la pression, les échangeurs de chaleur, les gaines de ventilation, l'enceinte, le revêtement métallique de l'enceinte, les pénétrations électriques et mécaniques, les sas d'accès du matériel, les structures sismiques de Catégorie I, les câbles et connexions électriques, les chemins de câbles et les armoires électriques, à l'exception notamment des pompes (sauf la volute), des vannes (sauf le corps), des moteurs, des générateurs diesel, des compresseurs d'air, des amortisseurs, de la commande des grappes de réglage, des registres de ventilation, des transmetteurs de pression, des indicateurs de pression, des indicateurs de niveau d'eau, des sectionneurs, des ventilateurs de refroidissement, des transistors, des batteries, des disjoncteurs, des relais, des commutateurs, des onduleurs de puissance, des circuits imprimés, des chargeurs de batteries et des alimentations de puissance. (10 CFR 54. 21 [2])

Les **composants actifs** sont « des équipements pour lesquels la fonction active (mouvement) est nécessaire pour remplir leur fonction de sûreté ». Dans le cadre du LTO, il s'agit de tous les composants qui ne sont pas couverts par la définition des composants passifs donnée ci-dessus.

Cette section comporte une description générique de l'IPA. Les sections suivantes du présent chapitre couvrent les aspects spécifiques au LTO-Ageing pour Doel 1&2 et Tihange 1.

Aperçu

Voici un aperçu d'ensemble du processus IPA :

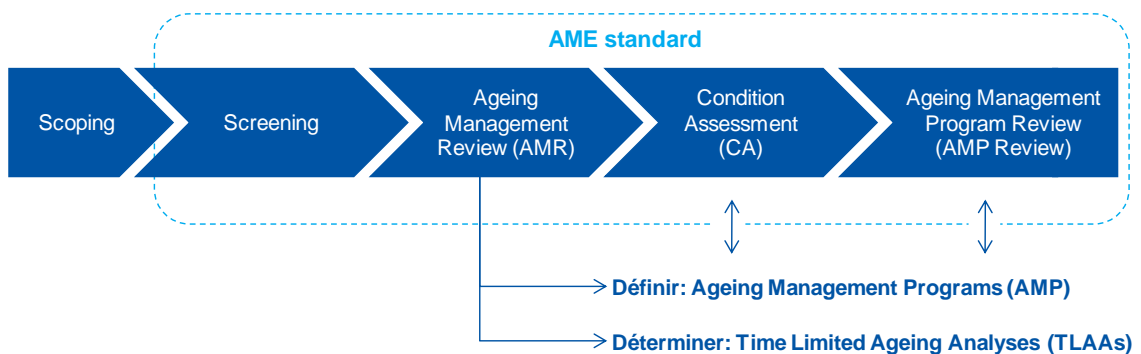


Figure 7 : processus IPA simplifié

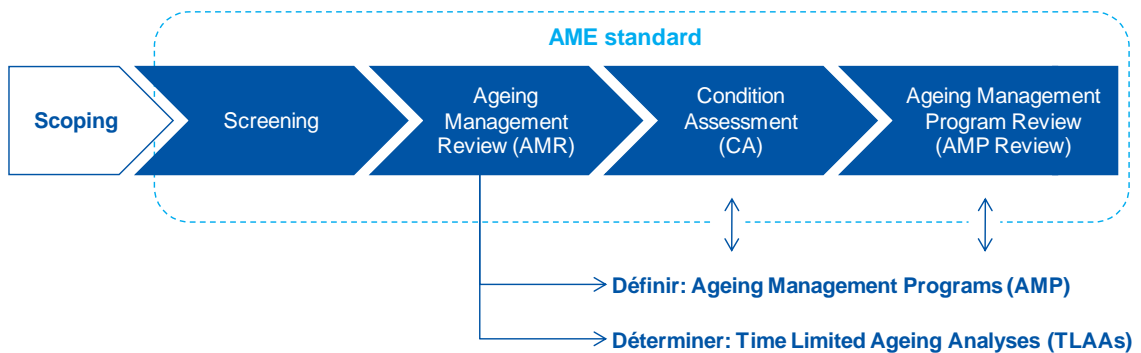
Chaque étape est détaillée comme un sous-processus individuel dans les paragraphes qui suivent.

Notes

- Des programmes de gestion du vieillissement (Ageing Management Programs, AMP) sont définis en parallèle, tel qu'illustré. Les AMP sont les ensembles de mesures spécifiques mises en œuvre pour la gestion du vieillissement d'une famille SSC donnée ou la gestion des mécanismes de dégradation spécifiques.
- En général, la définition du champ d'analyse (Scoping) constitue la première étape pour tous les systèmes, structures et composants (SSC). La séquence IPA subséquente – du filtrage (Screening) à l'analyse du programme de gestion du vieillissement (Ageing Management Program Review, AMP Review) – est appelée l'évaluation de gestion du vieillissement standard (Ageing Management Evaluation, AME) pour les composants passifs. Cette AME est effectuée système par système (domaine mécanique), groupe de produits par groupe de produits (domaine EI&C) ou type de structure par type de structure (domaine des structures).
- Les processus de Screening et d'analyse de gestion du vieillissement (Ageing Management Review, AMR) sont étroitement intégrés, tout comme l'évaluation de l'état (Condition Assessment, CA) et l'analyse AMP.
- Le besoin d'un AMP, d'une TLAA et d'un programme spécifique à une centrale est identifié dans l'AMR. Comme les AMP n'existent pas de manière standardisée, telle que développée et référencée dans le guide NUREG 1801 [3], nous intégrons progressivement le développement de l'AMP dans l'AME pour les SSC soumis à une analyse LTO.

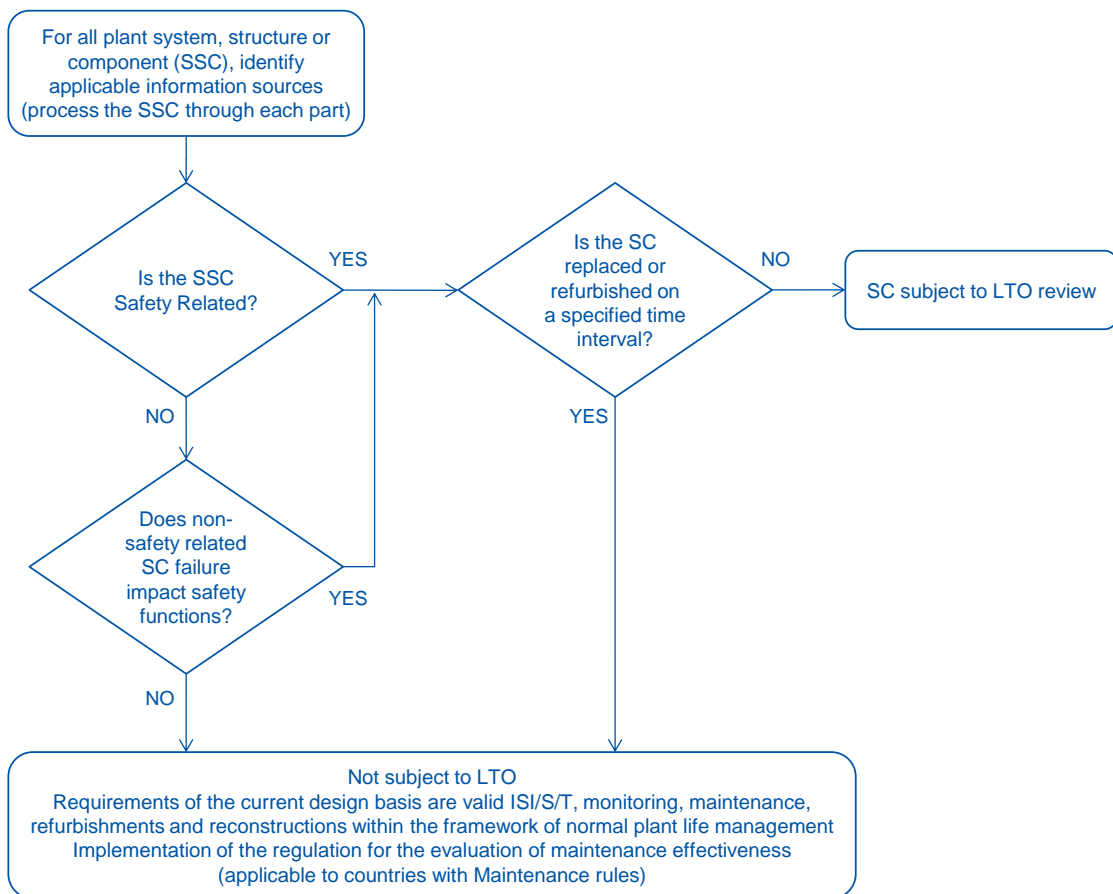
Phase 1 : Scoping

L'objectif global du Scoping est de définir les SSC qui seront soumis à un champ d'analyse LTO-Ageing (*Scope LTO-Ageing*, dans les pages suivantes).



Apport AIEA pour le Scoping

L'AIEA visualise le processus de Scoping comme suit :



Source: IAEA schematic about scoping for LTO evaluation

Figure 8 : schéma AIEA de Scoping pour l'évaluation LTO

Input U.S.NRC pour le Scoping

Les SSC repris dans le Scope LTO-Ageing sont définis conformément au 10 CFR 54.4 [2] :

(a) Les systèmes, structures et composants de centrales couverts par le champ d'analyse de cette section sont--

(1) Les structures, systèmes et composants liés à la sûreté et sur lesquels la centrale compte pour demeurer fonctionnelle pendant et après des événements de dimensionnement (tels que définis dans 10 CFR 50.49 (b)(1)) afin d'assurer les fonctions suivantes--

(i) Intégrité de l'enveloppe de pression du circuit primaire ;

(ii) Capacité d'arrêter le réacteur et de le maintenir en arrêt sûr ; ou

(iii) Capacité d'empêcher ou de limiter les conséquences des accidents pouvant engendrer de potentielles expositions hors site comparables à celles reprises aux § 50.34(a)(1), § 50.67(b)(2), ou § 100.11 de ce chapitre, en fonction de ce qui est applicable.

(2) Tous les systèmes, structures et composants non liés à la sûreté et dont la défaillance pourrait empêcher l'exécution satisfaisante de toute fonction identifiée dans les paragraphes (a)(1)(i), (ii), ou (iii) de cette section.

(3) Tous les systèmes, structures et composants sur lesquels se fondent les analyses de sûreté ou les évaluations de centrales menées afin de remplir une fonction qui démontre la conformité aux règlements de la Commission pour la protection contre l'incendie (10 CFR 50.48), la qualification environnementale (10 CFR 50.49), les chocs thermiques sous pression (10 CFR 50.61), les transitoires anticipés sans arrêt d'urgence (10 CFR 50.62), et les pertes de réseau électrique externe (10 CFR 50.63).

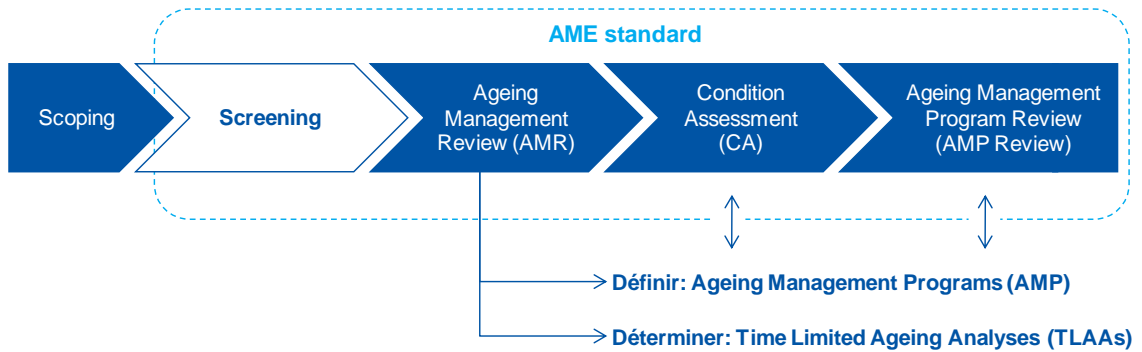
La définition des critères de Scoping de la U.S.NRC a été reprise. Ces critères peuvent être représentés simplement de la manière suivante :

Critère	Signification
1	SSC liés à la sûreté
2	SSC non liés à la sûreté, mais dont la dégradation suite au vieillissement peut avoir un impact sur les SSC liés à la sûreté
3	SSC ayant une fonction spécifique

Un SSC qui remplit au moins un des critères de Scoping est considéré comme faisant partie du champ d'application du LTO-Ageing. Chaque SSC dans le LTO-Ageing remplit donc au moins un de ces critères.

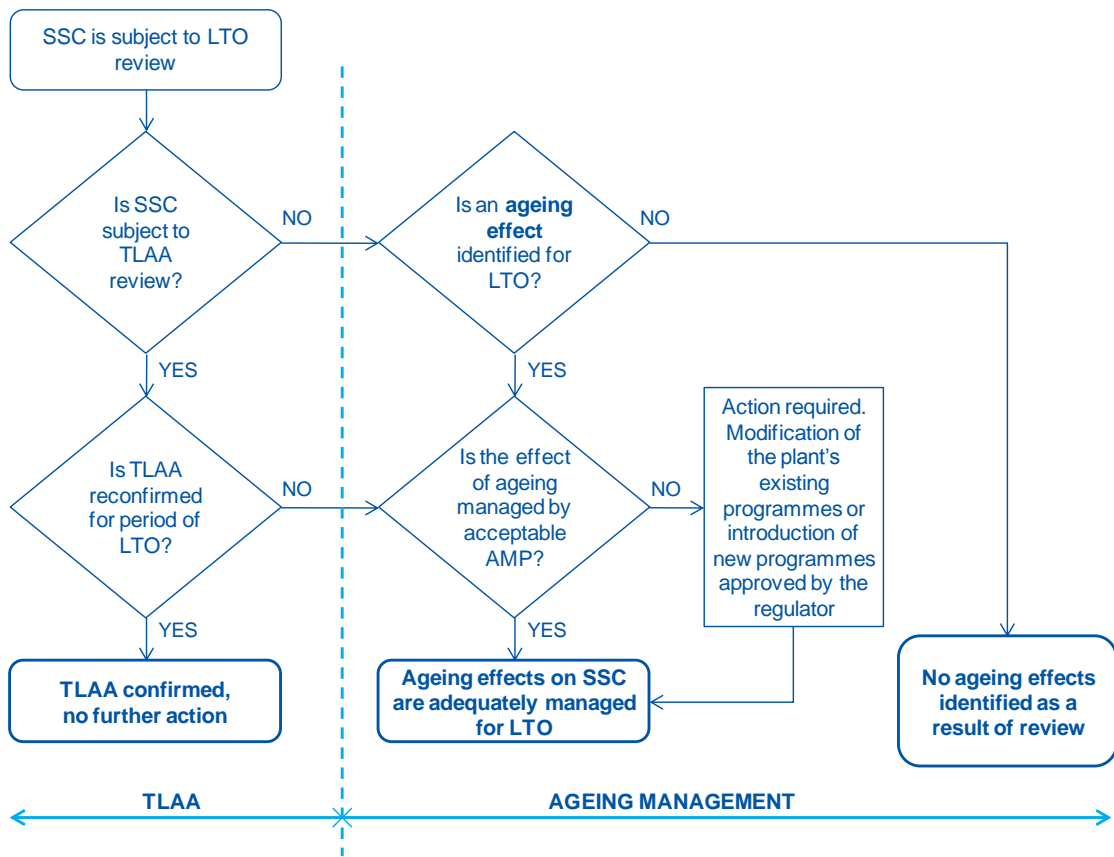
Phase 2 : Screening

Une fois le processus de Scoping terminé, le processus de Screening identifie – au sein du Scope LTO-Ageing – les composants qui devront être soumis à une analyse de la gestion du vieillissement (Ageing Management Review, AMR).



Apport AIEA pour le Screening

L’AIEA résume le Screening et les étapes ultérieures comme suit :



Source: IAEA schematic about scoping for LTO evaluation

Figure 9 : schéma AIEA de Screening pour l'évaluation LTO

Input U.S.NRC pour le Screening

Les composants soumis à l'AMR doivent être conformes aux critères repris dans 10 CFR 54.21 (a)(1)(i) et (ii) [2] :

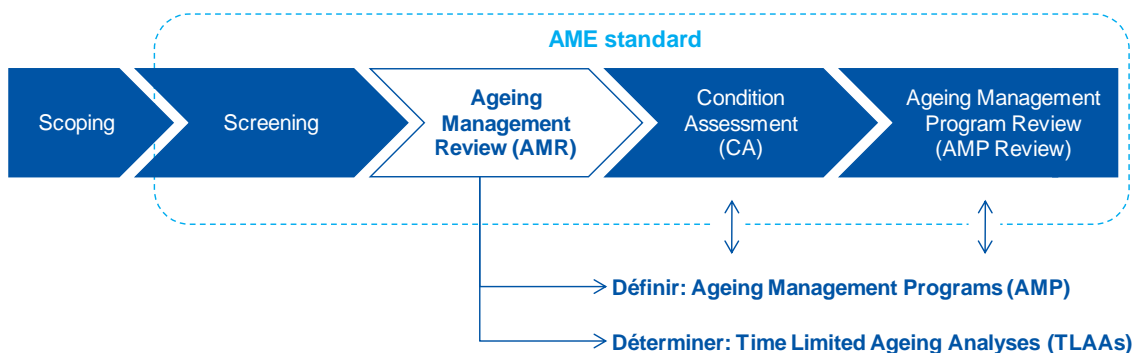
(1) En ce qui concerne les systèmes, structures et composants couverts par cette partie, tels que délimités dans le § 54.4, les structures et composants soumis à une analyse de la gestion du vieillissement doivent être identifiés et énumérés. Les structures et composants soumis à une analyse de la gestion du vieillissement doivent comprendre les structures et composants :

(i) Qui remplissent une fonction attendue, ..., sans pièce mobile et sans changement dans la configuration ou les propriétés. Ces structures et composants comprennent, entre autres, la cuve du réacteur, l'enveloppe de pression du circuit primaire, les générateurs de vapeur, le pressuriseur, les tuyauteries, les volutes de pompes, les corps de vannes, les structures supportant le cœur, les supports d'équipements, les enveloppes de rétention de la pression, les échangeurs de chaleur, les gaines de ventilation, l'enceinte, le revêtement métallique de l'enceinte, les pénétrations électriques et mécaniques, les sas d'accès du matériel, les structures sismiques de Catégorie I, les câbles et connexions électriques, les chemins de câbles et les armoires électriques, à l'exception notamment des pompes (sauf la volute), des vannes (sauf le corps), des moteurs, des générateurs diesel, des compresseurs d'air, des amortisseurs, de la commande des grappes de réglage, des registres de ventilation, des transmetteurs de pression, des indicateurs de pression, des indicateurs de niveau d'eau, des sectionneurs, des ventilateurs de refroidissement, des transistors, des batteries, des disjoncteurs, des relais, des commutateurs, des onduleurs de puissance, des circuits imprimés, des chargeurs de batteries et des alimentations de puissance ; et

(ii) Qui ne sont pas sujets à remplacement sur la base d'une durée de vie qualifiée ou d'une période de temps spécifiée.

Phase 3 : Ageing Management Review (AMR)

L'Ageing Management Review (analyse de gestion du vieillissement, AMR) est la troisième étape du processus IPA. Cette analyse identifie les composants dont la gestion du vieillissement doit être évaluée, leur matériau et environnement, ainsi que les effets de vieillissement qui s'appliquent à eux.



Le Screening et l'AMR identifient le besoin :

- Des AMP référencés dans le guide NUREG-1801 [3], ainsi que des AMP spécifiques à la centrale
 - > définis ci-après dans : Processus parallèle à partir de la Phase 3 : Définir Ageing Management Programs (AMP)
- D'analyses de vieillissement limitées dans le temps (Time-Limited Ageing Analyses, TLAA)
 - > définie ci-après dans : Processus parallèle à partir de la Phase 3 : Déterminer les Time-Limited Ageing Analyses (TLAA)

Apport U.S.NRC pour l'Ageing Management Review

De plus, nous trouvons dans le 10 CFR 54.21(a)(3) [2] :

(3) Pour chaque structure et composant identifié au paragraphe (a)(1) de cette section, il s'agit de démontrer que les effets du vieillissement seront gérés de façon adéquate afin que les fonctions attendues soient maintenues cohérentes avec la base de la licence d'exploitation (CLB) pendant la durée de prolongation de l'exploitation.

Clarification U.S. NEI

Le U.S. Nuclear Energy Institute (NEI) énonce ce qui suit dans le document NEI 95-10 « Industry Guideline for Implementing the Requirements of 10 CFR part 54 – The License Renewal Rule » [18] :

La démonstration requise par le §54.21(a)(3) est développée en déterminant d'abord comment la structure, le composant ou le groupe de produits remplit ses fonctions attendues. Ensuite, les effets de vieillissement devant être gérés sont identifiés. Enfin, les programmes applicables à la centrale sont identifiés, et la capacité de gérer les effets de vieillissement est analysée. L'information réunie est ensuite utilisée pour démontrer soit que les effets de vieillissement seront gérés par des programmes existants de sorte que les fonctions attendues de la structure ou du composant soient maintenues pendant la durée de prolongation de l'exploitation, soit que des activités de gestion supplémentaires sont requises.

Processus parallèle à partir de la Phase 3 : Définir Ageing Management Programs (AMP)

Les AMP sont l'ensemble des mesures spécifiques mises en œuvre pour :

- La gestion du vieillissement d'un type de système donné (exemple : système d'eau de refroidissement à circuit fermé), d'un type de structure (exemple : construction en béton), d'un type de composant (exemple : câbles électriques) ou d'un composant principal (exemple : réacteur)
- La gestion d'un mécanisme de dégradation spécifique (exemple : érosion-corrosion)

Afin d'être efficace, chaque AMP doit veiller à un équilibre entre les aspects suivants :

- Prévention
- Atténuation
- Suivi de la condition
- Suivi de la performance

Dans certains cas, plusieurs types de programmes de gestion du vieillissement doivent être mis en œuvre.

Apport U.S. NEI pour la définition des AMP

L'évaluation d'un programme de gestion du vieillissement se base sur le champ d'analyse d'une activité, les actions de prévention, les paramètres suivis ou inspectés, la détection des effets de vieillissement, le suivi et les tendances, les critères d'acceptation, les actions correctives, les processus de confirmation, les contrôles administratifs, ainsi que l'expérience d'exploitation (Table 4.3-1, NEI 95-10 [18]).

Une fois ces différents éléments pris en compte, chaque AMP est réalisé conformément à la méthodologie spécifique pour le LTO-Ageing [15].

Processus parallèle à partir de la Phase 3 : Déterminer les Time-Limited Ageing Analyses (TLAA)

Comme mentionné dans la Phase 3 : Ageing Management Review (AMR) ci-avant, des analyses de vieillissement limitées dans le temps (Time-Limited Ageing Analyses, TLAA) peuvent remplacer ou soutenir un AMP.

Cela se fait principalement pour :

- Les principaux composants de la chaudière nucléaire
- Les principaux composants structurels et de sûreté autres que ceux de la chaudière nucléaire et soumis aux effets de vieillissement, de fatigue, de relaxation et de dégradation suite aux conditions ambiantes

Les TLAA susceptibles de remplir les critères énumérés dans 10 CFR 54.3 [2] sont identifiées de deux façons :

- Par examen des listes de TLAA précédemment identifiées et en choisissant celles qui s'appliquent généralement à Tihange 1 pour une évaluation ultérieure. Les TLAA à réaliser pour les unités belges sont identifiées par le biais d'une analyse de toutes les sources disponibles.
- Par examen de la CLB (Current Licensing Basis) de l'unité pour identifier les calculs/analyses intégrant un élément de temps. La CLB de Tihange 1 (UFSAR, éléments PSR, etc.) est examinée afin d'identifier les calculs/analyses intégrant un élément de temps et qui n'auraient pas été identifiées d'une autre manière.

Note

Une TLAA peut remplacer ou soutenir un AMP pour les principaux éléments structurels et de sûreté autres que ceux de la chaudière nucléaire et soumis aux effets de vieillissement, de fatigue, de relaxation et de dégradation suite aux conditions ambiantes. Toutefois, la qualification environnementale de SSC pour les systèmes EI&C est couverte dans l'approche basée sur le Rapport Synthétique de Qualification (RSQ) (voir AME spécifique pour les composants EI&C qualifiés : approche RSQ).

Apport U.S.NRC

Comme spécifié dans le 10 CFR 54.3 [2], les TLAA sont les calculs et analyses réalisés dans le cadre de l'autorisation d'exploitation. Ces calculs et analyses :

(1) Incluent les systèmes, structures et composants se trouvant dans le champ d'analyse du renouvellement de licence, tel que spécifié au § 54.4(a) ;

(2) Prennent en compte les effets de vieillissement ;

(3) Incluent des hypothèses limitées dans le temps défini par la durée d'exploitation actuelle, par exemple 40 ans ;

(4) Ont été définis par la centrale détenant la licence comme étant pertinents lors d'une évaluation de la sûreté ;

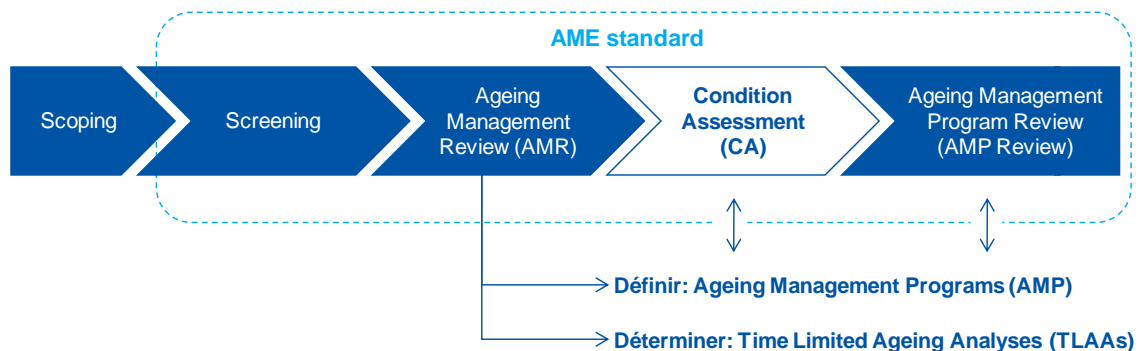
(5) Incluent des conclusions ou fournissent la base pour des conclusions liées à la capacité des systèmes, structures et composants à remplir leur fonction attendue, tel que spécifié au § 54.4(b) ; et

(6) Sont repris ou incorporés par référence dans la CLB.

Phase 4 : Condition Assessment (CA)

Le processus d'évaluation de l'état (Condition Assessment, CA) a pour objectifs :

- D'évaluer l'historique de l'exploitation et de la maintenance (exemples : historique des réparations/remplacements, historique des modifications)
- D'évaluer les bases de données sur le retour d'expérience opérationnelle sur site
- D'identifier et d'établir une liste des activités existantes déjà engagées pour la maintenance, les tests, les inspections, etc. et pouvant être liées à la gestion des effets de vieillissement, et qui seront prises en compte lors de la définition des programmes de gestion du vieillissement
- D'analyser les connaissances existantes du personnel d'exploitation et de maintenance
- De vérifier les particularités de l'état des SSC au travers, par exemple, d'une visite des installations, d'une analyse des documents de conception, ou de la planification d'inspections uniques basées sur un échantillonnage approprié, en tant que partie intégrante de la mise en œuvre de programmes de gestion du vieillissement

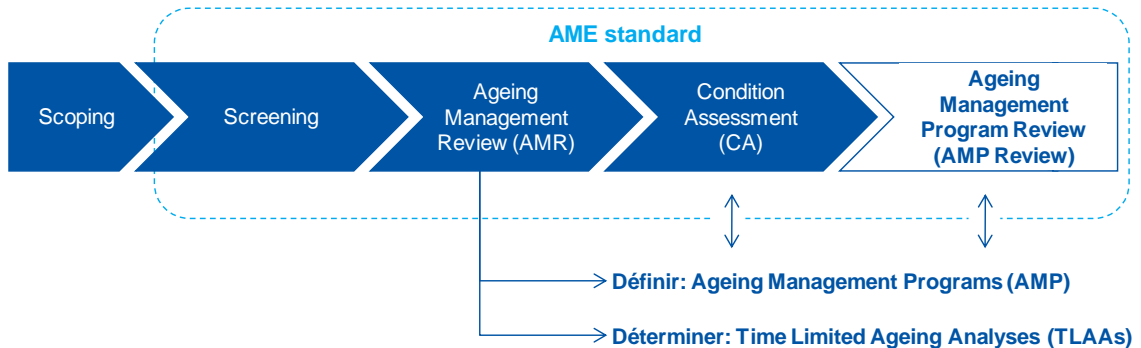


Il se peut que la CA complète les mécanismes de vieillissement ou le besoin de programmes de gestion des mécanismes de vieillissement. L'analyse de l'expérience industrielle et opérationnelle est une composante essentielle d'une CA et d'une analyse AMP car elle permet d'identifier des effets de vieillissement qui n'ont pas encore été identifiés dans les références utilisées lors d'un processus AMR.

Le cas échéant, tous les effets de vieillissement nouvellement identifiés peuvent être potentiellement extrapolés dans tous les systèmes et structures du champ d'analyse LTO, même s'ils ont été évalués précédemment.

Phase 5 : Analyse de l'Ageing Management Program (AMP Review)

Au cours de la dernière étape, les AMP sont mis en application et comparés aux programmes existants, ainsi qu'aux résultats de la CA, pour tous les SSC du champ d'analyse LTO. Les programmes en cours de la centrale sont également vérifiés et revus. Si nécessaire, de nouveaux programmes sont créés.



Après évaluation, il se peut que la décision soit prise de remplacer des pièces d'équipement. C'est le cas :

- Lorsque l'évaluation révèle soit une dégradation potentielle de l'équipement, soit son incapacité de réaliser sa fonction attendue jusqu'à la fin de la période d'exploitation prévue à long terme, ou
- Parce que l'équipement a atteint la fin de sa durée de vie qualifiée, ou
- Pour toute autre raison pour laquelle le remplacement est considéré comme une stratégie de gestion optimale du vieillissement à des fins de LTO

Toutes les activités modifiées et nouvelles, ainsi que tous les remplacements recommandés, sont enregistrés et consignés pour tous les SSC.

Note

Les AMP sélectionnés pour l'un des SSC peuvent également être sélectionnés pour un autre SSC, en étant adaptés de façon adéquate. Ce n'est qu'à la fin du processus LTO-Ageing complet qu'une version finale d'un AMP peut être réalisée, une fois que toutes les informations acquises ont été prises en considération.

3.3.4 Application de l'IPA aux processus de gestion du vieillissement

La structure du projet LTO-Ageing se base sur l'IPA décrite dans le processus Integrated Plant Assessment (IPA), ainsi que sur quelques spécificités supplémentaires pour le projet LTO-Ageing belge vis-à-vis de l'AME standard.

Cette section fournit un aperçu des processus ayant été mis en application dans le cadre du projet LTO-Ageing.

Modifications à l'IPA dans l'AME standard

L'AME standard a été modifiée pour un certain nombre de situations. Certains types de SSC requièrent une approche spécifique. De plus, l'IPA (telle que définie dans le 10 CFR 54.3 [2]) s'applique principalement aux composants passifs, alors que le projet LTO-Ageing belge concerne les **composants actifs et passifs**.

Nous avons dès lors ajouté une approche spécifique pour les composants actifs. De plus, nous considérons et traitons les composants EI&C qualifiés et non qualifiés de façon séparée.

Les AME suivantes sont spécifiques au LTO belge :

AME spécifique	Description
Composants EI&C	Cette AME spécifique utilise un processus similaire à l'AME pour les composants EI&C repris dans le champ d'analyse LTO. L'intégration du concept Rapport Synthétique de Qualification (RSQ) dans ce processus AME pour les composants EI&C qualifiés l'améliore. Pour plus de détails : voir AME spécifique pour les composants EI&C qualifiés : approche RSQ (voir § 3.3.6).
Composants actifs	Cette AME spécifique se focalise sur les programmes de maintenance en cours, ainsi que sur l'évaluation de ces programmes de maintenance. Pour plus de détails : AME spécifique pour les composants actifs (voir § 3.3.5).

Aperçu du projet LTO-Ageing

Ce schéma représente le processus LTO-Ageing basé sur l'IPA, ainsi que sur des spécificités supplémentaires. Certains processus tournent en parallèle, en fonction du type de SSC et de son caractère actif ou passif :

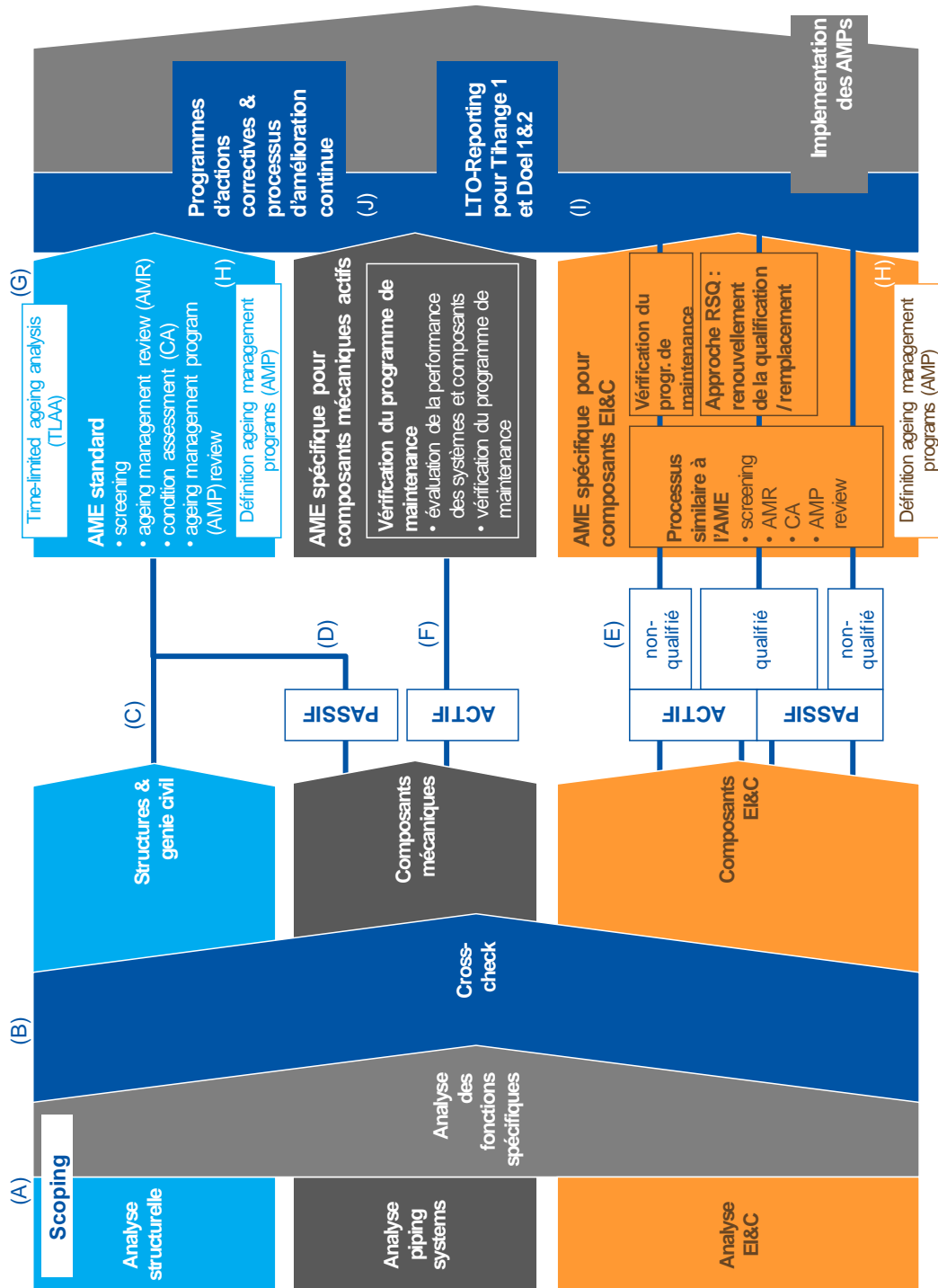


Figure 10 : aperçu général du projet LTO-Ageing

Le schéma ci-dessus comprend plusieurs regroupements marqués d'une lettre. Ces lettres sont utilisées comme étiquettes plus loin dans le texte afin d'identifier plus facilement les différentes méthodologies. Voici un bref tableau de références :

Groupe	Description
A	Scoping
B	Cross-checking : vérifier si le champ d'analyse est cohérent d'un domaine technique à un autre
C	Ageing Management Evaluation (évaluation de gestion du vieillissement, AME) standard des structures, en particulier des travaux civils
D	AME standard des composants mécaniques passifs
E	AME spécifique des composants EI&C actifs et passifs, qualifiés et non qualifiés
F	AME spécifique des composants mécaniques actifs
G	Time-Limited Ageing Analyses (analyses de vieillissement limitées dans le temps, TLAA) pour les composants et structures mécaniques
H	Définition des Ageing Management Programs (programmes de gestion de vieillissement, AMP) pour les composants EI&C et mécaniques passifs, ainsi que pour les structures
I	Dossier LTO
J	Programmes d'actions correctives & processus d'amélioration continue (exemple : mise en œuvre d'AMP). Remarque : la mise en œuvre de ces programmes d'action sort du champ d'analyse de cette approche globale.

Description détaillée des processus

Voici quelques informations supplémentaires relatives à la structure du projet LTO-Ageing adopté par Electrabel, conformément au schéma (Figure 10 : aperçu général du projet LTO-Ageing) ci-dessus :

1 Le processus de Scoping (**A**) comporte quatre analyses.

Le Scoping identifie et établit une liste des SSC dans le champ d'analyse LTO par domaine :

- Mécanique
- EI&C
- Structures, y compris les travaux civils

Nous utilisons une méthode de Scoping spécifique pour chaque analyse.

Une quatrième analyse examine l'impact de fonctions spécifiques définies à la section 3.3.2 (exemple : protection contre l'incendie, perte de réseau électrique) sur les trois domaines mentionnés ci-dessus. Si nécessaire, des SSC sont ajoutés au champ d'analyse LTO. Nous vérifions la cohérence et l'étendue des résultats de ces analyses par une vérification croisée (**B**).

2 Le processus de Scoping est suivi d'une AME, en fonction du type de SSC. En outre, nous traitons les composants passifs et actifs de façon différente.

(**C**) Les composants des structures et des travaux civils sont soumis à une AME standard.

(**D**) Les composants passifs des systèmes mécaniques sont aussi soumis à une AME standard.

(**E**) Les composants EI&C sont d'abord examinés afin de déterminer le processus de gestion du vieillissement selon qu'ils sont actifs ou passifs et qualifiés ou non. Tous les composants EI&C sont soumis à un processus de type AME spécifique, comprenant une AMR, une CA et une AMP Review.

Pour les composants EI&C qualifiés, nous ajoutons les conditions de l'approche RSQ afin de déterminer notre stratégie. L'approche RSQ comprend un renouvellement de la qualification et un remplacement partiel ou total des composants.

(E, F) Les composants mécaniques actifs et EI&C actifs et passifs sont soumis à une AME spécifique sur base d'une vérification du programme de maintenance.

(G) Les composants mécaniques, ainsi que les structures et travaux civils, peuvent être soumis à une TLAA.

(H) Des AMP sont développés pour les composants mécaniques passifs, EI&C, ainsi que pour les structures soutenant l'AME.

- 3** Les résultats du processus LTO-Ageing sont compilés et présentés de façon structurée dans les dossiers LTO-Reporting **(I)** et comprennent les programmes en cours ('living programs'), les plans d'action et les mesures correctives **(J)** à prendre dans chaque centrale nucléaire après le processus LTO-Ageing.

Les mesures proposées sont intégrées dans des actions correctives sur site, ainsi que dans des programmes d'amélioration continue couvrant des aspects de gestion, organisationnels et techniques.

3.3.5 AME spécifiques pour les composants actifs : vérification des programmes de maintenance

La note stratégique de l'AFCN [1] énonce les exigences suivantes, principalement pour les composants actifs :

... L'état des autres systèmes, structures et composants (= pas à longue durée de vie, réparables, remplaçables et actifs) peut être assuré par une maintenance, des réparations ou des remplacements adaptés...

... Le résultat de l'approche LTO-Ageing est un programme global et systématique de monitoring et de gestion du vieillissement des systèmes, structures et composants (actifs et passifs) des centrales concernées. Ce programme sera mis en œuvre de manière permanente et sera régulièrement évalué lors de la poursuite de l'exploitation de la centrale (dans le cadre d'une éventuelle cinquième Révision Périodique de Sûreté)...

Les programmes actuels de maintenance des centrales applicables aux composants actifs (groupes E et F) identifiés dans le champ d'analyse LTO sont examinés afin d'évaluer leur efficacité.

Si l'efficacité d'un programme de maintenance d'une centrale n'a pas été analysée ou est considérée non satisfaisante, le(s) composant(s) impliqué(s) est/sont soumis à une approche de Reliability Centered Maintenance (maintenance centrée sur la fiabilité, RCM).

Le projet de RCM est actuellement en cours sur le site de Tihange 1. Les efforts de maintenance visent à y obtenir une fiabilité optimale des fonctions des systèmes et composants importants pour la sûreté et la production d'électricité.

La réalisation des projets RCM et LTO est alignée afin d'être conforme à la demande de champ d'analyse des composants actifs. Les objectifs d'une RCM sont atteints de la façon suivante :

- Déterminer les principaux modes de défaillance pour chaque type d'équipement
- Analyser la criticité et l'évaluation (gradation de la gravité et de la fréquence du risque de défaillance) des modes de défaillance des équipements actifs installés repris dans le champ d'analyse
- Identifier les équipements qui conduisent à une défaillance
- Vérifier les programmes de maintenance préventive, ainsi que les programmes de surveillance et d'inspection, quant à leur capacité à prévenir une défaillance fonctionnelle critique
- Améliorer la définition des tâches et des fréquences des activités périodiques
- Examiner la faisabilité des techniques supplémentaires pour le suivi de l'état des équipements

L'AME spécifique comprend :

1 Le Scoping

- Établissement d'une liste de composants mécaniques actifs et de composants EI&C actifs dans le champ d'analyse du LTO-Ageing
- « Cross-checking » du champ d'analyse LTO-Ageing et du champ d'analyse RCM

2 La description des programmes actuels de la centrale, ainsi que de l'expérience opérationnelle

3 La vérification et l'évaluation des programmes de maintenance

- Définition des principaux modes de défaillance
- Analyse des points critiques
- Sélection des tâches de maintenance
- Optimisation des programmes de maintenance

4 La confirmation des programmes ou l'identification du plan d'action à des fins d'optimisation

5 Le Reporting

Les recommandations validées et rapportées résultant de la vérification des programmes de maintenance de la centrale font partie des dossiers LTO-Reporting. Les activités supplémentaires et/ou améliorées liées aux programmes de la centrale seront mises en œuvre au cours de la période 2012-2014.

Les programmes dépendent du processus d'amélioration continue (programme en cours). L'efficacité des programmes de maintenance en cours est suivie et évaluée par le biais d'indicateurs appropriés ou d'autres rapports liés à la performance des systèmes et des composants.

3.3.6 AME spécifiques pour les composants EI&C qualifiés : approche RSQ

Les composants EI&C qualifiés dans les centrales nucléaires belges les plus récentes sont couverts par un Rapport Synthétique de Qualification (RSQ) publié pour chaque groupe de produits sélectionné. Ce RSQ :

- Décrit les exigences en matière de qualification, les résultats des tests, ainsi que le comportement de l'équipement au cours de ces tests.
- Conclut si un composant (ou un type de composant) est qualifié ou non conformément à la classe 1E, tel que défini dans la norme IEEE 323-74 [26] (endossé par R.G. 1.89 [27]).
- Constitue une base pour le programme de maintenance.

La norme IEEE 323-74 n'était pas encore définie lors de la conception de Tihange 1. Au cours des deux premières Révisions périodiques de Sûreté de ces unités, les équipements ont été liés aux RSQ existants publiés pour les centrales nucléaires belges les plus récentes. Ceci a été fait à chaque fois qu'un RSQ existant permettait de couvrir le même équipement 1E (ainsi que quelques autres) à Tihange 1 que celui utilisé dans les quatre unités belges construites plus récemment.

La méthodologie pour les équipements qualifiés comporte une extension du champ d'analyse du processus réalisé lors de la PSR précédente, afin que l'ensemble des équipements 1E soit couvert par un RSQ. Cela pourrait engendrer le remplacement d'équipements installés sur les fonctions 1E et pour lesquels aucune démonstration scientifique ne permet d'être couverte par un RSQ existant.

3.3.7 Interaction avec d'autres méthodes, projets ou domaines

Interfaces avec LTO-Design

L'analyse et les activités LTO-Ageing ont un impact sur le projet de réévaluation LTO-Design, mais soutiennent également celui-ci. Cela concerne surtout les domaines de la protection contre l'incendie, de la perte de réseau électrique et de la classification de sûreté.

Interfaces avec la PSR

Les facteurs de sûreté (Safety Factors, SF) suivants abordés dans la quatrième PSR sont étroitement liés au projet LTO-Ageing :

Facteur de sûreté	Description
SF 1 : Conception de la centrale	La liste des SSC pour le SF1 sera basée sur le résultat du LTO-Ageing
SF 2 : État réel des systèmes, structures et composants	L'évaluation de l'état des SSC effectuée dans le cadre du LTO-Ageing pourrait être utilisée pour le SF 2
SF 3 : Qualification des équipements	Les résultats de l'approche à suivre dans le cadre du LTO-Ageing pour les composants EI&C pourraient être utilisés pour le SF 3
SF 4 : Vieillessement	Les résultats du LTO-Ageing pourraient être utilisés pour le SF 4

Interfaces avec la gestion du vieillissement (installation entière, y compris le champ d'analyse autre que LTO)

La méthodologie mise en application pour le vieillissement a été entamée avant le projet LTO et est conforme aux recommandations du IAEA Safety Guide NS-G.2.12 [22].

3.4 Évaluation de la conception

3.4.1 Objectif

La section 8 de la note stratégique LTO de l'AFCN [1] énumère les exigences suivantes relatives au LTO-Design :

Pour les centrales nucléaires, la Révision périodique de Sûreté est l'occasion idéale de se demander si la conception de l'époque, compte tenu des améliorations apportées au fil du temps, répond encore au niveau de sûreté réclamé aujourd'hui par la société. En d'autres termes, est-il nécessaire d'apporter encore des modifications pour améliorer la sûreté de la conception de la centrale ?

L'exploitant est tenu de développer une méthodologie visant à identifier les domaines dans lesquels des améliorations peuvent/doivent être apportées à la sûreté de la conception des unités concernées. Ceci peut s'effectuer au travers d'un exercice de comparaison entre la conception des unités concernées et celle des centrales nucléaires belges les plus récentes. En parallèle, il faudrait se positionner par rapport à l'évolution internationale en matière de conception et de technologie des réacteurs PWR. À cette occasion, on s'interroge sur l'application possible des améliorations conceptuelles des récentes unités PWR aux unités concernées.

La méthodologie est vérifiée par les autorités de sûreté qui contrôlent notamment si cette méthodologie a permis d'identifier correctement les préoccupations connues en matière de sûreté au niveau de la conception des unités concernées (expérience acquise lors de l'exploitation, révisions décennales de sûreté, ...).

Il n'appartient toutefois pas à l'AFCN ni à Bel V de définir des solutions spécifiques pour les domaines et les préoccupations en matière de sûreté qui sont identifiés de cette manière. Cette tâche relève des missions et des responsabilités de l'exploitant.

Il est demandé à l'exploitant de proposer des améliorations sur le plan technique des installations de Doel 1/2 et de Tihange 1, afin d'approcher le niveau des centrales nucléaires les plus récentes. Des mesures compensatoires peuvent éventuellement être envisagées pour des domaines où des solutions technologiques ne seraient que partiellement, voire pas du tout, réalisables.

Tant les approches déterministes que probabilistes peuvent être mises à profit pour démontrer la valeur ajoutée des améliorations possibles à apporter à la conception.

Sur base de son analyse, l'exploitant transmet une proposition d'amélioration de la conception à l'AFCN et à Bel V. Au terme d'une concertation entre Bel V et l'exploitant, une liste des points d'amélioration à apporter à la conception est établie, tout comme un plan précis pour l'implémentation de ces améliorations. Cette liste est soumise à l'approbation de Bel V et de l'AFCN. Au final, cette concertation aboutit à un « agreed design upgrade », défini et mis en œuvre selon le planning établi.

Electrabel a en outre développé une méthodologie propre pour ce premier projet belge de LTO-Agreed Design Upgrade (ADU), sur base de la note stratégique LTO de l'AFCN.

L'objectif du LTO-Design est de développer des mesures d'amélioration qui mettent à niveau la conception de Tihange 1. À cet égard, l'International Nuclear Safety Advisory Group (INSAG) définit l'**objectif de sûreté technique** comme suit dans l'INSAG-12 [23] :

Objectif : empêcher, avec un degré de certitude élevé, les accidents en centrale nucléaire ; assurer que, pour tous les accidents pris en compte lors de la conception de la centrale, même ceux dont la probabilité est très basse ou qui présentent une conséquence radiologique, aussi infime soit-elle, les risques soient minimisés ; et assurer que la probabilité d'accidents graves aux conséquences radiologiques sérieuses, soit extrêmement petite.

D'après le même rapport de l'INSAG, une centrale nucléaire est :

... conçue pour pouvoir gérer un ensemble d'événements, y compris les conditions normales, les transitoires, les événements externes extrêmes et les conditions accidentelles.

(Voir Basic Safety Principles for Nuclear Power Plants, 75-INSAG-3 Rev. 1, INSAG-12 [23])

Electrabel applique le principe fondamental de la défense en profondeur. Celle-ci assure que suffisamment de dispositions de sûreté sont en place.

3.4.2 Portée

Le champ d'analyse des activités de LTO-Design s'appuie sur la base de l'autorisation d'exploitation (Current Licensing Basis, CLB) en vigueur dans la centrale nucléaire de Tihange 1. Il couvre les aspects de conception liés à l'objectif de sûreté technique tel que défini ci-dessus par l'International Nuclear Safety Advisory Group (INSAG).

Les activités de LTO-Design sont :

- L'analyse de la conception
- Le développement d'un plan d'amélioration : Agreed Design Upgrade (ADU)
- La mise en œuvre de l'ADU, après approbation et conformément au planning établi

3.4.3 Références et sources d'information générales

Les documents AIEA ci-dessous constituent la référence générale sur laquelle est basée notre méthodologie d'analyse :

- Safety of Nuclear Power Plants : Design (NS-R-1) [23]
- Les directives sous-jacentes développées par l'AIEA et relatives à la conception

Ces documents définissent les exigences conceptuelles liées notamment à la classification de sûreté, à la base de conception générale, à la fiabilité des structures, systèmes et composants, à la qualification des équipements, aux facteurs humains, ainsi qu'aux systèmes de la centrale.

3.4.4 Références et sources d'information spécifiques

Aperçu général

La réévaluation de la conception s'appuie également sur les sources d'information suivantes :

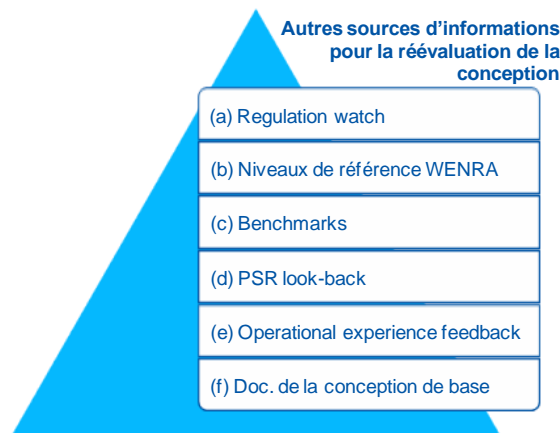


Figure 11 : sources du LTO-Design

Davantage de détails sur chaque source d'information peuvent être trouvés dans les paragraphes suivants.

(a) Veille réglementaire (Regulation watch)

Tout au long de l'exploitation des centrales, Electrabel suit de façon continue l'évolution des bases réglementaires liées à la sûreté nucléaire. Ce processus est dénommé Veille réglementaire (Regulation watch).

Pendant le projet LTO, nous utilisons ce processus comme source d'informations. Il englobe le suivi de l'évolution des exigences internationales (ex.: AIEA), des réglementations européennes et nationales, ainsi que celle des réglementations américaines (U.S. Nuclear Regulatory Commission, U.S. NRC).

Electrabel analyse les modifications récentes du contexte réglementaire. Cette analyse met en lumière les modifications conceptuelles potentielles engendrées par les exigences ou changements apportés aux règlements concernés. Cette analyse est effectuée dans le cadre de la quatrième PSR. Le résultat de l'analyse est utilisé pour le LTO-Design.

(b) Niveaux de référence WENRA (Western European Nuclear Regulators Association)

L'organisation WENRA a développé un certain nombre de niveaux de référence pour la sûreté. Nous avons effectué une analyse des écarts par rapport au niveau de référence WENRA pour toutes les centrales nucléaires belges et rédigé un plan d'action belge. Nous avons intégré, autant que possible, les modifications de conception résultant du plan d'action belge dans le cadre de l'analyse du LTO-Design.

(c) Exercices de comparaison

Type de comparaison	Description
National	Réaliser un exercice de comparaison de Tihange 1 au niveau national, par comparaison de sa conception à celle des unités belges les plus récentes. Le contenu des Rapports de Sûreté respectifs sert de base pour effectuer cette comparaison.
International	Pour réaliser un exercice de comparaison de Tihange 1 au niveau international, nous comparons sa conception à celle des : <ul style="list-style-type: none"> • Centrales nucléaires présentant la conception la plus semblable • Centrales nucléaires des pays voisins • Centrales nucléaires présentant une durée de vie similaire Electrabel visite les centrales sélectionnées et partage expérience et savoir-faire. Nous restons informés des améliorations de sûreté qui ont été faites au fil du temps et examinons si des améliorations similaires se justifient pour la centrale nucléaire de Tihange 1.
Conception récente	Electrabel examine la conception de Tihange 1 en tenant compte des développements conceptuels les plus récents.

(d) Rétrospective des PSR précédentes

Tihange 1 a été soumise à des Révisions périodiques de Sûreté décennales. Au cours de chaque PSR, des thèmes relatifs à la sûreté ont été examinés et des améliorations de la sûreté ont été définies et mises en œuvre.

La rétrospective des PSR est effectuée à partir des rapports synthétiques des PSR précédentes et comprend les points suivants :

- Établissement d'une liste de sujets relatifs à Tihange 1
- Identification des points d'attention résiduels parmi les sujets énumérés

(e) Retour d'expérience opérationnelle (Operational experience feedback)

Le retour d'expérience opérationnelle informe sur différents types de points d'attention résultant de l'exploitation des centrales au sens large du terme.

Nous identifions les points d'attention relatifs à la conception en examinant les sources documentaires suivantes :

- Rapports d'inspection de Bel V
- Retour d'expérience interne de Tihange 1 (ex. : rapports sur la santé des systèmes)
- Retour d'expérience externe (ex. : échanges d'expérience opérationnelle au travers d'organisations comme WANO (World Association of Nuclear Operators))
- Points identifiés par le Comité d'évaluation du fonctionnement du site (Site Operations Review Committee, SORC) et par le Comité d'évaluation du fonctionnement des centrales (Plant Operations Review Committee, PORC)
- Analyse du facteur d'indisponibilité des systèmes et composants de sûreté

(f) Documentation de la conception de base

La documentation de la conception de base est examinée en comparant la conception actuelle (CLB) aux critères généraux de conception de l'U.S.NRC [12] pour les centrales nucléaires.

3.4.5 Processus

Processus

Nous examinons chaque source d'information. Ceci génère une matrice d'évaluation et une Agreed Design Upgrade (ADU) :



Figure 12 : méthodologie LTO-Design telle qu'appliquée à chaque source

La méthodologie appliquée comprend quatre phases distinctes :

- 1 Identifier les points d'attention de sûreté dans chaque source d'informations et les regrouper par domaine afin de créer une liste de domaines.
- 2 Analyser les points d'attention de sûreté par domaine.
- 3 Afin d'éviter tout chevauchement ou amélioration incompatible, une évaluation globale est effectuée. Celle-ci donne une vue d'ensemble sur les points d'attention et améliorations potentielles associées et sera utilisée dans l'élaboration de l'ADU.
- 4 Le résultat (l'ADU) est un ensemble d'améliorations équilibré qui parviendra à réduire de manière significative le risque global.

3.4.6 Interaction avec d'autres méthodes, projets ou domaines

Interfaces avec LTO-Ageing

Voir la section 3.3.7 Gestion du vieillissement (LTO-Ageing), Interfaces avec le volet LTO-Design.

Interfaces avec les PSR

La principale interface a trait au facteur de sûreté SF-1, y compris la conception de la centrale, principalement en rapport avec la documentation de la conception de base et la veille réglementaire.

D'autres interfaces sont liées aux facteurs de sûreté suivants :

Facteur de sûreté	Description
SF-3 : Qualification des équipements	Les résultats de la méthodologie utilisée pour le LTO-Design pourraient être utilisés pour le SF-3.
SF-9 : Utilisation de l'expérience d'autres centrales et de résultats de recherche	Les résultats de la méthodologie utilisée pour le LTO-Design pourraient être utilisés pour le SF-9.

Interface avec les résultats des tests de résistance menés en Belgique (BEST)

L'intégration des résultats de BEST avec les modifications résultant du LTO-Design se fait comme suit :

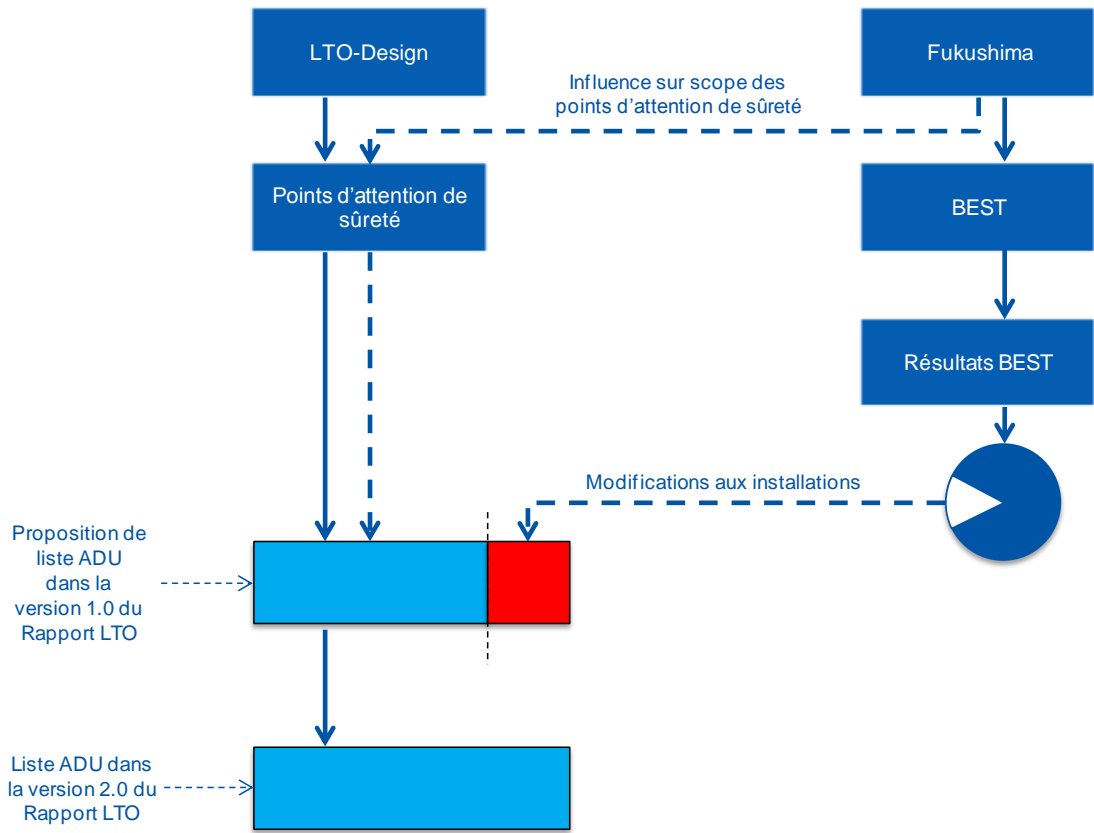


Figure 13 : intégration avec BEST

3.5 Compétences, connaissances et comportement

3.5.1 Objectif

La section 5 de la note stratégique LTO de l'AFCN [1] contient les exigences suivantes pour le LTO :

Pour une nouvelle période d'exploitation d'une centrale (au terme de 40 ans mais aussi au terme des premières décennies), la question se pose de savoir si la centrale nucléaire présente encore un niveau de sûreté suffisant ou, plus précisément, un niveau de sûreté jugé suffisant à ce moment.

La réponse à cette question doit être apportée en tenant compte des éléments suivants :

- (...)

- « organisation » : personnel, organisation, procédures

Il est demandé à l'exploitant de développer et de justifier sa vision sur la poursuite de l'exploitation au terme des quarante années et sur les investissements qu'elle implique sur le plan de la sûreté.

À cet égard, les aspects suivants doivent notamment être pris en considération :

- (...)

- Les facteurs humains et organisationnels, notamment la gestion des compétences, la formation et le transfert des connaissances et de l'expérience.

3.5.2 Portée

Les compétences, connaissances et comportement comprennent les **domaines d'évaluation** suivants :

- La **culture de sûreté nucléaire**, ainsi que les comportements et valeurs la soutenant
- La **gestion des compétences**, en particulier la formation et la qualification du personnel
- La **gestion des connaissances**

Les aspects liés au personnel, à l'organisation et aux procédures sont pris en compte dans chacun des domaines d'évaluation précités.

3.5.3 Références et sources d'information spécifiques

Notre méthodologie en matière de gestion des connaissances, des compétences et du comportement est conforme aux normes et meilleures pratiques internationales, en particulier celles de l'AIEA :

- IAEA OSART Guidelines Services Series No 12, Edition 2005 [28]
- Knowledge Management for Nuclear Industry Operating Organizations (IAEA, IAEA-TECDOC-1510, October 2006) [29]
- IAEA, the nuclear power industry's ageing workforce; transfer of knowledge to the next generation, IAEA-TECDOC-1399, 2004 [8]
- Risk Management of Knowledge Loss in Nuclear Industry Organizations (IAEA, STI/PUB/1248, 2006) [9]
- IAEA, Managing Nuclear Knowledge: Strategies and Human Resource Development, Summary of an International Conference, Vienna 2004 [10]

Note

Nous utilisons dans cette évaluation LTO les résultats des audits OSART les plus récents, en particulier dans le domaine des comportements humains, des formations et des auto-évaluations. Les rapports des audits OSART effectués à Tihange 1 (2007 et 2009) sont accessibles au domaine public et sont consultables sur le site Web de l'AFCN.

3.5.4 Processus

En vue de démontrer que les exigences de l'AFCN relatives à la gestion des connaissances, au comportement et à la gestion des compétences sont rencontrées et satisfaites, Electrabel a recours à la méthodologie suivante.

Cette méthodologie a été rendue conforme à celle que nous utilisons pour les Pré-conditions LTO.

Voici un aperçu général de cette approche :

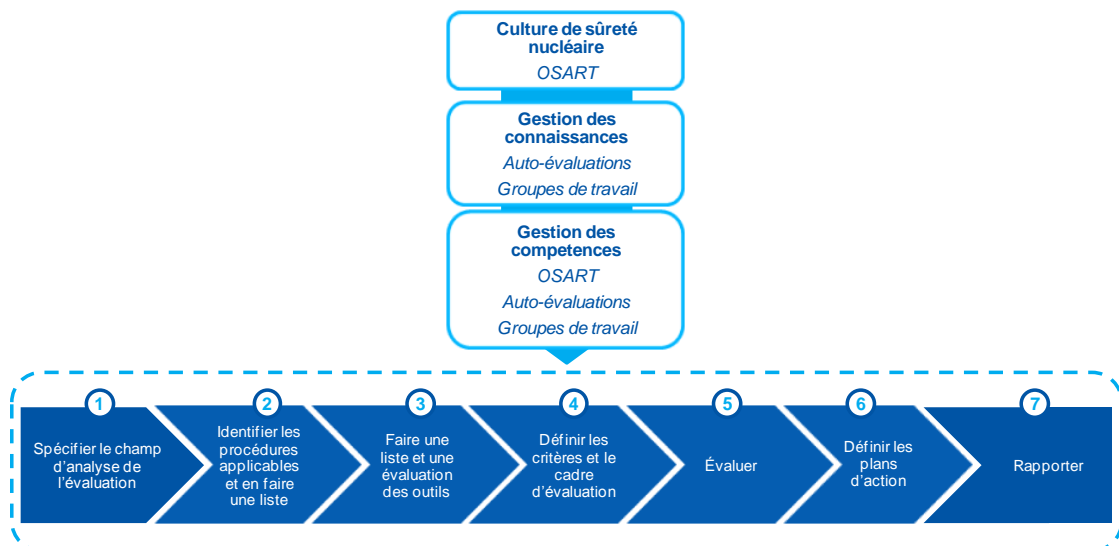


Figure 14 : approche pour la gestion des connaissances, des compétences et du comportement

3.5.5 Interaction avec d'autres méthodes, projets ou domaines

Les compétences, connaissances et comportement sont des thèmes habituels lors des Révisions périodiques de sûreté (PSR). Ils sont partiellement repris dans le Facteur de sûreté SF-10 : Organisation et administration, ainsi que dans le Facteur de sûreté SF-12 : Facteurs humains. Ils jouent également un rôle de premier plan dans le Projet LTO.

4 Résultats détaillés de l'étude

4.1 Pré-conditions

Une analyse de l'efficacité des différents programmes, processus et documents considérés sur le site de Tihange et considérés comme sujets des pré-conditions a été réalisée à Tihange 1. Les paragraphes suivants reprennent pour chaque sujet les principaux résultats de ces évaluations.

Contrôle indépendant

Electrabel souscrit et soutient le principe d'un contrôle indépendant. Afin de suivre et de confirmer son auto-évaluation, Electrabel collabore pleinement à la mission SALTO prévue pour 2014. Une mission SALTO est comparable à un audit OSART, tel que celui réalisé en mai 2007, et effectuée par une équipe d'experts internationaux. Sa portée se focalise sur les sujets importants pour garantir la sûreté de l'exploitation à long terme. Les experts font une évaluation de la situation vis-à-vis des documents de référence de l'AIEA. Les objectifs principaux d'une mission SALTO sont les suivants :

- Évaluer l'état d'avancement des programmes des centrales en matière de LTO et de gestion du vieillissement ;
- Identifier les préoccupations existantes ou potentielles liées au LTO ;
- Proposer des mesures pour répondre à ces préoccupations ;
- Faciliter l'échange d'expériences.

Une fois la mission SALTO terminée, l'équipe d'experts rédige un rapport. Ce rapport est envoyé aux autorités de sûreté nationales ainsi qu'à l'exploitant.

4.1.1 Maintenance

Le processus de maintenance de Tihange 1 répond aux critères considérés et établis à partir des recommandations de l'AIEA après considération et intégration :

- Des changements et améliorations prévus dans le cadre du LTO-Ageing, à savoir :
 - Les phénomènes de vieillissement sont pris en compte via la mise en œuvre des AMP (Ageing Management Programs) développés pour Tihange 1 ;
 - Les conclusions des Ageing Management Evaluations se référant aux AMP appropriés dans le cadre du LTO-Ageing seront mises en œuvre.
- Des actions liées à l'amélioration continue et réalisées avant le LTO, telles que :
 - Finalisation de la démarche RCM et mise en œuvre des résultats de celle-ci dans la gestion des plans de maintenance périodique des divers départements ;
 - Poursuite et finalisation du projet RSQ en cours et intégration des actions qui en découlent dans les plans de maintenance ;
 - Finalisation du projet en cours pour la maintenance préventive sur les pièces de rechange ;
 - Réalisation d'un screening proactif et établissement d'une liste de fournisseurs afin de garantir la disponibilité des pièces de rechange qualifiées AQ (Assurance Qualité) pendant la durée de prolongation de l'exploitation ;
 - Mise en œuvre des conclusions du projet pilote de Tihange 1 et de Doel 1&2 pour les MOVATS (Motor Operated Valve Test System) ;

- Finalisation du projet d'amélioration de la qualité des instructions opérationnelles des activités préventives de Maintenance.

L'état du processus et la documentation associée sont jugés suffisants pour répondre à cette pré-condition du LTO dans la mesure où les actions précitées sont réalisées et appliquées.

4.1.2 Qualification des équipements

Le processus « Qualification des équipements » de Tihange 1 répond aux critères considérés et établis à partir des recommandations de l'AIEA, en considérant l'intégration :

- des conclusions établies dans le cadre du LTO-Ageing, à savoir :
 - Les phénomènes de vieillissement sont pris en compte via la mise en œuvre des AMP (Ageing Management Programs) développés pour Tihange 1 ;
- des actions à réaliser avant le LTO, telles que:
 - Poursuite et finalisation du projet RSQ en cours et intégration des actions qui en découlent dans les plans de maintenance ;
 - Mise en place d'une organisation pérenne pour la gestion et la mise à jour de la base de données des équipements qualifiés ;
 - Mise en place du plan d'actions lié aux câbles électriques et connecteurs ;
 - Affectation au processus SHR (System Health Reports) d'ingénieurs affectés exclusivement au suivi des circuits concernés.

L'état du processus et la documentation associée sont jugés suffisants pour répondre à cette pré-condition du LTO dans la mesure où les actions précitées sont réalisées et appliquées.

Le processus et le programme de « Qualification des équipements » sont intégrés dans la démarche d'amélioration continue.

Les actions et recommandations provenant des audits internes et externes sont en cours d'application.

4.1.3 Inspection en service

Le programme d'inspection en service de Tihange 1 répond aux critères considérés et établis à partir des recommandations de l'AIEA, en considérant l'intégration des changements et améliorations prévus dans le cadre du LTO-Ageing, à savoir :

- La prise en compte des aspects liés au vieillissement dans le domaine LTO-Ageing via la réalisation de l'AMP M1 : « LTO Ageing - AMP - Mechanical - Tihange 1: M1 - ASME Section XI In service Inspection, Subsections IWB, IWC and IWD » ;
- La mise en œuvre des conclusions des Ageing Management Evaluations qui se réfèrent à l'AMP M1 dans le cadre du LTO-Ageing.

L'état du processus ISI (« In-Service Inspection », inspection en service) et la documentation associée sont jugés suffisants pour répondre à cette pré-condition du LTO dans la mesure où les actions précitées sont réalisées.

L'analyse de la situation existante montre que :

- Les programmes ISI sont établis en consultation avec des organismes reconnus ainsi qu'avec les autorités ;
- L'expérience opérationnelle et la conception de la centrale sont pris en compte ;
- La conformité aux réglementations est surveillée et toute non-conformité est signalée et traitée de manière appropriée ;
- Les résultats de l'ISI sont stockés dans une base de données et sont consultables.

4.1.4 Surveillance et contrôle

Le processus de surveillance et de contrôle de Tihange 1 répond aux critères considérés et établis à partir des recommandations de l'AIEA en considérant l'intégration :

- Des changements et améliorations prévus dans le cadre du LTO-Ageing, à savoir :
 - La prise en compte des phénomènes de vieillissement via la mise en œuvre des AMP (Ageing Management Programs) développés pour Tihange 1 ;
 - La mise en application des conclusions des Ageing Management Evaluations se référant aux AMP appropriés dans le cadre du LTO-Ageing.
- Des actions liées à l'amélioration continue et réalisées avant le LTO, telles que :
 - Amélioration du suivi de l'état de santé des systèmes importants pour la sûreté par le processus SHR et extension des systèmes suivis actuellement à l'ensemble des systèmes concernés par le LTO de Tihange 1 ;
 - Finalisation de la démarche RCM et mise en œuvre des résultats de celle-ci dans la gestion des plans de maintenance périodique des divers départements ;
 - Finalisation de la rédaction des RSQ manquants ;
 - Mise en œuvre des conclusions du projet pilote de Tihange 1 et de Doel 1&2 pour les MOVATS.

L'état du processus et la documentation associée sont jugés suffisants pour répondre à cette pré-condition du LTO dans la mesure où les actions précitées sont réalisées et appliquées.

4.1.5 Suivi des paramètres chimiques

Le processus de suivi des paramètres chimiques de Tihange 1 répond aux critères considérés et établis à partir des recommandations de l'AIEA en considérant l'intégration des changements et améliorations prévus dans le cadre du LTO-Ageing, tels que :

- La prise en compte des phénomènes de vieillissement dans le domaine LTO-Ageing via la mise en œuvre de l'« AMP M2 : Water Chemistry » pour Tihange 1.
- La mise en application des conclusions des Ageing Management Evaluations qui se réfèrent à l'AMP M2 dans le cadre du LTO-Ageing.

L'état du processus et sa documentation associée sont donc suffisants pour répondre à cette pré-condition du LTO dans la mesure où les actions précitées sont réalisées et appliquées.

L'analyse de la situation existante montre que :

- Le programme de suivi des paramètres chimiques est mis en place en accord avec les normes internationales (EPRI) ;
- Le retour d'expérience (REX) et la conception de l'installation sont pris en compte ;
- La conformité avec les spécifications techniques est vérifiée et les tendances à long terme sont analysées.

Par ailleurs, le WANO Peer Review, audit externe effectué en 2009, n'a défini aucune recommandation ni suggestion dans le domaine de la chimie.

4.1.6 Gestion de la configuration et Assurance Qualité

Les principaux objectifs de ce processus sont connus, à savoir :

- S'assurer que la configuration physique existante de l'installation et les conditions d'exploitation satisfont aux DLB (Design & Licensing Basis)
- S'assurer que la documentation décrit correctement la configuration existante de l'installation et les bases de conception

De cette évaluation, il ressort que le processus actuel de gestion de la configuration (CM) à Tihange 1 peut satisfaire aux critères considérés et établis à partir des recommandations de l'AIEA.

Toutefois, la pratique montre que les attentes liées à la gestion de la configuration ont évolué au cours de la vie des centrales et sont devenues plus exigeantes que celles existant au moment de la construction et pendant les premières années d'exploitation. Cela a mené à des situations où l'information relative aux bases de conception et aux modifications était parfois insuffisamment documentée ou difficilement récupérable. C'est aussi le cas pour les données relatives à la configuration des SSC à Tihange 1.

Face à ce constat, des programmes spécifiques ont été mis en œuvre en vue de reconstituer les bases de données manquantes (câbles, RSQ, ...) en vue d'une vérification systématique de l'état et de la durée de vie des SSC appartenant au scope LTO-Ageing. Ceci pouvant conduire à prévoir leur remplacement si nécessaire.

Un groupe de travail a été constitué en 2010 au niveau corporate et en collaboration avec les sites nucléaires en vue d'améliorer les performances globales du processus de gestion de la configuration.

Le processus de gestion de la configuration a été minutieusement évalué en 2011. Sur base des critères établis et du retour d'expérience, un certain nombre d'initiatives ont été lancées et des actions ont été identifiées pour renforcer la dynamique d'amélioration :

- Le processus de CM en place à Tihange 1 est associé de manière effective à d'autres processus importants tels que la gestion des modifications et des documents, ainsi que la gestion des achats et leur contrôle de qualité associé. Un contrôle de la qualité et un suivi de ces processus sont réalisés de manière systématique ;
- Des rôles essentiels ont été définis, tels que le rôle de « Design Authority », rempli par le département Engineering de la centrale nucléaire de Tihange, et le rôle de « Responsible Designer », rempli par Tractebel Engineering. Ces rôles sont remplis et seront mis en place de manière plus formalisée ;
- Des adaptations importantes ont été introduites dans les processus associés de gestion des modifications et des documents :
 - Un document relatif aux bases de conception (« note d'hypothèse ») est établi dans la phase initiale d'une proposition de modification. Si nécessaire, on procède à la reconstitution des bases de conception (recherche des données de conception, réalisation des analyses de sûreté nécessaires, identification des règles et normes applicables).
 - Le « design input » est soumis à un contrôle indépendant (« independent review »). Il en va de même pour l'« output » après la phase d'ingénierie.
 - L'autorisation de réaliser une modification n'est accordée qu'après approbation des documents critiques nécessaires.

- L'amélioration des contrôles de qualité et de la surveillance sera poursuivie.
- Les compétences requises pour les ingénieurs de projet sont acquises via la formation et la certification.

L'état du processus et la documentation associée sont jugés suffisants pour répondre à cette pré-condition du LTO dans la mesure où les actions précitées sont réalisées et appliquées.

4.1.7 Gestion des modifications

Le processus actuel de gestion des modifications de Tihange 1 répond pleinement aux critères considérés et établis à partir des recommandations de l'AIEA et aucun plan d'action spécifique n'est à mettre en place pour couvrir ces exigences.

L'état du processus et sa documentation associée sont donc jugés suffisants pour répondre à cette pré-condition du LTO.

Cependant, plusieurs dispositions visant à améliorer le processus de gestion des modifications (et principalement l'adaptation du processus) sont prises dans le cadre du processus d'amélioration continue des activités. Les actions d'amélioration encore ouvertes et les recommandations faites lors des audits internes et externes sont en cours de réalisation et sont traitées suivant le planning établi.

4.1.8 TLAA d'origine

Le traitement des analyses de vieillissement limitées dans le temps (« Time Limited Ageing Analyses », TLAA) de Tihange 1 répondra pleinement aux critères considérés et établis à partir des recommandations de l'AIEA compte tenu des changements et améliorations prévus dans le cadre du LTO-Ageing.

L'analyse des TLAA originales montre que :

- Tous les documents d'analyse relatifs aux TLAA et contenant des hypothèses liées au vieillissement et qui sont limitées dans le temps sont identifiés mais ils ne sont pas nécessairement documentés dans le rapport de sûreté actuel.
- Les analyses TLAA donnent ou bien la durée de vie du composant, ou bien la nature des transitoires considérés et leurs occurrences, ou encore la période d'exploitation sur laquelle la TLAA est basée.
- Par rapport au début de l'exploitation de Tihange 1, les sujets suivants ont été ajoutés à la liste des TLAA :
 - Les analyses « Fatigue Crack Growth » effectuées dans le cadre des études « Defect Tolerance Analysis » et « Leak-Before-Break » ;
 - Le vieillissement thermique des aciers inoxydables coulés ;
 - La TLAA Fatigue a été étendue au fur et à mesure, aussi bien du point de vue du nombre de composants (ex. : échangeurs CCV et lignes d'eau alimentaire) que du point de vue des phénomènes considérés (transitoires Insurge/Outsurge du pressuriseur et stratification thermique).
- Pour toutes les TLAA, les marges de sûreté sont garanties pour toute la période d'exploitation prolongée sauf pour la fatigue affectant l'échangeur-régénérateur. Un plan d'action doit être établi pour s'assurer que la fatigue soit gérée pendant la période d'exploitation considérée par le LTO.
- Les pré-conditions liées au sujet « Qualification des équipements » sont traitées dans le paragraphe correspondant à la qualification des équipements.

En tenant compte de l'exécution de certaines améliorations, le traitement des TLAA et la documentation associée sont suffisants pour répondre à la pré-condition du LTO.

La réévaluation et l'adaptation des TLAA originales en fonction du LTO est également une partie importante du domaine LTO-Ageing.

4.1.9 Rapport de Sûreté et autres documents définissant les bases de conception

Le Rapport de Sûreté et les autres documents définissant les bases de l'autorisation d'exploitation de Tihange 1 répondent aux critères considérés et établis à partir des recommandations de l'AIEA dans la mesure où les exigences décrites dans la note stratégique AFCN [1] sont satisfaites, à savoir :

- Présenter d'ici fin 2011 la documentation LTO relative à la gestion du vieillissement et à la réévaluation de la conception. Cette action a entre-temps été réalisée ;
- Présenter en 2015 un rapport de synthèse final sur la quatrième Révision Décennale qui intègre les conclusions du projet LTO et
- Établir une révision ou un complément au Rapport de Sûreté.

L'état du processus et la documentation associée sont jugés suffisants pour répondre à cette pré-condition du LTO dans la mesure où ces actions sont réalisées.

Dans le contexte de l'amélioration continue, le Rapport de Sûreté est continuellement mis à jour pour intégrer l'évolution de la conception des installations résultant des Révisions Décennales et du processus de gestion des modifications.

4.2 Gestion du vieillissement

L'application de la méthodologie décrite au § 3.3 nous a permis de tirer les conclusions suivantes pour les divers éléments de l'analyse réalisée en matière de gestion du vieillissement.

Contrôle indépendant

Electrabel souscrit et soutient le principe d'un contrôle indépendant. Afin de suivre les progrès à réaliser dans le domaine de la gestion du vieillissement, Electrabel collabore pleinement à la mission SALTO prévue pour 2014. Une description d'une mission SALTO est donnée au § 4.1.

4.2.1 Scoping

Les systèmes, structures et composants (SSC) repris dans le scope LTO-Ageing sont identifiés à partir des critères du 10CFR54.4 [2]. Ces critères peuvent être représentés simplement de la manière suivante :

Critère	Signification
1	SSC liés à la sûreté
2	SSC non liés à la sûreté, mais dont la dégradation suite au vieillissement peut avoir un impact sur les SSC liés à la sûreté
3	SSC ayant une fonction spécifique (cf. § 4.2.1.4)

Le scoping des différents domaines (« Analyse par circuit fluide (piping system analysis) », « Analyse des structures (structural analysis) » et « Analyse EI&C (EI&C analysis) ») complété des « Analyses des fonctions spécifiques (specific function analysis) » permet de répertorier les SSC pour lesquels la gestion des phénomènes potentiels de vieillissement a été réalisée via les AME (cf. § 4.2.3).

L'interaction entre domaines et l'exhaustivité des résultats du scoping ont été éprouvés lors des cross-checks (cf. § 4.2.1.5).

4.2.1.1 Analyse par circuit fluide (piping system analysis)

Le tableau suivant donne la liste des circuits fluides pour lesquels au moins un des SSC du circuit considéré a été identifié dans le scope LTO-Ageing.

Acronyme	Circuit
CAE	Circuit d'aspersion de l'enceinte de confinement
CAR & CAS	Circuit d'air comprimé de régulation et circuit d'air comprimé de service
CAU	Circuit d'air comprimé de régulation d'ultime repli
CCV	Circuit de contrôle volumétrique et chimique
CEB	Circuit d'eau brute
CEI	Circuit d'eau d'incendie
CEN	Circuit d'échantillonnage nucléaire
CEX	Circuit d'exhaure dans les bâtiments nucléaires
CGC	Circuit de CO ₂
CGH	Circuit d'hydrogène
CGN	Circuit d'azote
CHE	Contrôle de l'hydrogène dans l'enceinte
CIS	Circuit d'injection de sécurité
CPE	Circuit des purges et d'événements
CRI	Circuit de réfrigération intermédiaire

Acronyme	Circuit
CRP	Circuit de refroidissement primaire
CSC	Conditionnement salle de conduite
CTP	Circuit de traitement des piscines
CVA	Circuit de vapeur auxiliaire
CVD	Circuit de vapeur de décharge
CVP	Circuit de vapeur principal
EAN	Eau alimentaire normale
EAS	Eau alimentaire de secours
EDN	Eau déminéralisée normale
EEE	Essai d'étanchéité d'enceinte
GBR	Circuit d'échantillonnage post-accidentel de l'atmosphère du bâtiment réacteur
GDS	Groupe diesel de secours
PGV	Purges des générateurs de vapeur
RBR	Circuit d'eau glacée pour le refroidissement des batteries de ventilation du bâtiment réacteur
RPP	Circuit de régulation de la pression primaire
RRA	Circuit de refroidissement du réacteur à l'arrêt
SUR	Système d'ultime repli
TEG	Traitement des effluents gazeux
TEL	Traitement des effluents liquides
VBL	Ventilation des laboratoires
VBP	Ventilation du BAN et de la piscine
VBU & VBW	Ventilation du bâtiment d'ultime secours et ventilation des locaux EAS
VCT	Circuit de mise sous vide du condenseur
VEA	Circuit de ventilation et de filtration de l'espace annulaire
VEE	Ventilation et filtration de l'enceinte
VGA	Ventilation des galeries
VLE	Ventilation des locaux électriques

4.2.1.2 Analyse des structures (structural analysis)

Les structures liées aux circuits fluides énumérés ci-dessus peuvent être repris dans le scope LTO-Ageing dans la mesure où ils contribuent à la fonction de sûreté des équipements mécaniques de ces circuits.

Les structures et leurs composants sont repris dans le scope LTO-Ageing lorsqu'ils :

- Remplissent eux-mêmes une fonction de sûreté (critère 1), ou
- Contribuent à la fonction des SSC mécaniques ci-dessus dans le scope LTO-Ageing (critères 1, 2 et 3), ou
- Contribuent à la fonction des SSC EI&C ci-dessus dans le scope LTO-Ageing (critères 1, 2 et 3), ou
- Contribuent eux-mêmes directement à une fonction spécifique (critère 3), ou
- Engendrent un impact potentiel pour les SSC liés à la sûreté en cas de dégradation suite au vieillissement (critère 2).

Le tableau suivant donne les types de structures pour lesquelles au moins un des SSC du type de structures considéré a été identifié dans le scope LTO-Ageing.

Les structures de la centrale de Tihange 1 ont été identifiées et regroupées selon les types de structures énumérés dans le NUREG-1800 [17].

Type de structure	Description
Category 1 structures	Structures internes du bâtiment réacteur (BR)
	Chemisage métallique du bâtiment réacteur (BR)
	Bâtiment des auxiliaires nucléaires (BAN), piscine
	Bâtiment des auxiliaires nucléaires (BAN), est
	Bâtiment des auxiliaires nucléaires (BAN), ouest
	Bâtiment des auxiliaires électriques (BAE)
	Bâtiment d'ultime repli (BUR)/
	Eau alimentaire de secours (EAS)
	Groupe Diesel de Secours (GDS)
	Injection de Sécurité Basse Pression (ISBP)
	Galeries techniques souterraines
Primary containment structure	Station de pompage
	Double enceinte du BR
Intake structures	Sas d'accès de l'enceinte de confinement
	Station de pompage
	Puits des eaux de nappe
	Circuit d'Eau de Circulation (CEC)
Non Category 1 Structures within the scope of LTO	Canal d'amenée
	Charpentes métalliques diverses « other non-category 1 structure »
	Galeries techniques souterraines
	Réfrigérant atmosphérique
Equipment support & foundation	Salle des machines
Structural Bellows	Fondation des réservoirs GDS
Controlled Leakage Doors	Pénétrations de l'enceinte
Penetration Seals	Portes étanches
Compressible joints & seals	Pénétrations de l'enceinte
Offgas stack and flue	Joint compressible
Fire barriers	Cheminée de rejet des effluents gazeux
Pipe whip restraints and Jet Impingement Shields	Barrières résistantes au feu
E/I&C Penetration Assemblies	Cadres anti-fouettement et écrans pare-jets
Instrumentation Racks, Frames, Panels and Enclosures	Pénétrations électriques, instrumentation et contrôle-commande de l'enceinte
	Armoires électriques de contrôle-commande (I&C)
Electrical Panels, Racks, Cabinets and other Enclosures	Racks d'instrumentation
	Armoires électriques de puissance
Cable trays & supports	Coffrets électriques
	Passerelles à câbles
Conduits	Supports des gaines de ventilation et des groupes diesel de secours
Tubetracks	Fourreaux pour câbles
ASME Class 1 Hangers and Supports	Passerelles pour tubing et piping
	Support ASME Classe 1
Non-ASME Class 1 Hangers and Supports	Supports de type boîtes à ressort
	Supports ASME Classe 2 & 3
	Supports de type boîtes à ressort
	Supports non-ASME

Type de structure	Description
Snubbers	Dispositifs autobloquants – Amortisseurs
Load Handling systems	Système de manutention/stockage

4.2.1.3 Analyse EI&C

Les équipements EI&C liés aux circuits fluides énumérés au § 4.2.1.1 sont repris dans le scope LTO-Ageing dans la mesure où ils contribuent à la fonction de sûreté des équipements mécaniques de ces circuits.

Les systèmes et composants EI&C sont repris dans le scope LTO-Ageing lorsqu'ils :

- Remplissent eux-mêmes une fonction de sûreté (critère 1), ou
- Contribuent à la fonction des SSC mécaniques ci-dessus dans le scope LTO-Ageing (critères 1, 2 et 3), ou
- Contribuent eux-mêmes directement à une fonction spécifique (critère 3), ou
- Engendrent un impact potentiel pour les SSC liés à la sûreté en cas de dégradation suite au vieillissement (critère 2).

Le tableau suivant donne chaque « Commodity Group » pour lequel au moins un des SSC du Commodity Group considéré a été identifié dans le scope LTO-Ageing.

Les équipements EI&C de la centrale de Tihange 1 ont été identifiés et groupés selon les Commodity Groups et types de composants énumérés dans le NEI 95-10 [18].

Commodity Group	Types de composants	Description
73	Alarm Unit	Systèmes d'alarme
74	Analyzers	Analyseurs d'hydrogène et de gaz toxiques
75	Annunciators	Signaux sonores et visuels
76	Batteries	Batteries
77	Cables and Connections, Bus, electrical portions of Electrical and I&C Penetration Assemblies	Câbles et connexions électriques
78	Chargers, Converters, Inverters	Chargeurs, redresseurs, onduleurs
79	Circuit Breakers	Disjoncteurs HT 150 kV, MT 6 kV, et BT 230V, 400V et 690V
80	Communication equipment	Systèmes de communication interne et externe au site
81	Electric Heaters	Cannes chauffantes du pressuriseur et résistances chauffantes de systèmes et de locaux
82	Heat Tracing	Rubans chauffants
83	Electrical Controls and Panel Internal Component Assemblies	Structure des armoires et composants internes de panneaux
84	Elements, RTDs, Sensors, Thermocouples, Transducers	Servomoteurs pneumatiques et hydrauliques, détendeurs, convertisseurs, positionneurs et boosters
85	Fuses	Fusibles et porte-fusibles

Commodity Group	Types de composants	Description
86	Generators, Motors	Équipements motorisés tels que servomoteurs électriques pour vannes motorisées « tout ou rien », moteurs électriques pour équipements rotatifs (moteurs pompes et compresseurs, moteurs ventilateurs), alternateurs, turboalternateur et groupe électrogène et alternateurs des Groupes Diesels de Secours
87	High voltage insulators	Isolateurs HT
88	Surge arresters	Limiteurs de tension (parafoudres, parasurtenseurs, etc.)
89	Indicators	Indicateurs associés à des mesures physiques (pression, ΔP , température, débit, niveau,...), à des mesures électriques (tension) et à des mesures de flux neutronique et de concentration d'hydrogène
91	Light bulbs	Luminaires des circuits d'éclairage, lampes torches et ampoules de signalisation
95	Radiation Monitors	Chaînes d'instrumentation pour la détection et la mesure de lux neutronique et de la radioactivité
96	Recorders	Enregistreurs
98	Relays	Relais de contrôle-commande et de puissance, de protection et de signalisation
100	Solenoid Operators	Électrovannes
101	Solid-State Devices	Tout dispositif à semi-conducteurs (transistors, circuits imprimés, microprocesseurs, ...) contenus principalement dans les armoires du système d'instrumentation du processus (SIP) et dans les armoires du circuit de protection du réacteur (CPR)
102	Switches	Capteurs logiques de température, de pression, de débit, de niveau ou de position
103	Switchgear	Tableaux d'alimentation électrique
104	Transformers	Transformateurs de puissance, de mesure et de protection, d'isolement et de contrôle-commande
105	Transmitters	Transmetteurs de pression différentielle, de pression absolue, de pression statique, de position pour soupape SEBIM, ainsi que les transmetteurs de pression utilisés pour réduire un débit ou un niveau
128	Pressure reducer	Détendeurs, positionneurs, convertisseurs et boosters
129	Instrumentation tubing	Tubings de l'instrumentation, c'est-à-dire l'ensemble des tuyauteries comprises entre la première vanne d'isolement conduite et le composant auquel il est raccordé. On entend par composant tous les composants en scope dans les IPA des Commodity Groups CG 100, 102, 105 et 128
131	Packages	Ensembles d'équipements de contrôle-commande fonctionnels (armoires, tableaux, coffrets) ainsi que leurs équipements EI&C associés

4.2.1.4 Analyse des fonctions spécifiques

Ces fonctions spécifiques sont celles reprises sous le critère 3 du 10CFR54.4. Les SSC concernés sont ceux qui permettent de remplir une ou plusieurs fonctions afin de respecter cinq catégories d'exigences réglementaires spécifiques relatives à la protection incendie, à la qualification environnementale, aux chocs thermiques sous pression (Pressurized Thermal Shock, PTS), aux transitoires sans arrêt d'urgence (Anticipated Transients without Scram, ATWS) et à la perte totale des alimentations électriques (station black-out, SBO).

Les exigences réglementaires spécifiques relatives à la « Qualification Environnementale » sont uniquement d'application dans le domaine EI&C et sont couvertes par l'approche RSQ (cf. § 4.2.3.3).

Les exigences réglementaires spécifiques relatives au « Pressurized Thermal Shock » sont traitées dans le domaine mécanique via l'analyse relative au « Reactor Pressure Vessel Embrittlement » (cf. § 4.2.4).

Le tableau suivant précise, pour les trois autres catégories d'exigences réglementaires spécifiques, quelles sont les fonctions à analyser selon les différents domaines des trois paragraphes précédents.

Catégorie d'exigences réglementaires spécifiques	Fonction	Mécanique	EI&C	Structures
Protection incendie	Compartimentage résistant au feu	X	X	X
	Détection incendie et contrôle commande des asservissements	-	X	X
	Lutte contre l'incendie	X	X	X
Anticipated Transients Without Scram (ATWS)	Réduction du risque d'un ATWS	X	X	-
Station Black-out (SBO)	Maintien de la sous-criticité	X	X	X
	Refroidissement du cœur	X	X	X
	Évacuation de la chaleur résiduelle du combustible	X	X	X
	Intégrité du circuit primaire (RCPB) et contrôle de la pression	X	X	X
	Maintien de l'inventaire en eau primaire	X	X	X
	Intégrité de l'enceinte	X	X	X

4.2.1.5 Cross-check

Un cross-check (vérification par recoupement) a pour but de vérifier l'exhaustivité du scoping.

La collaboration continue entre les experts des différents domaines a eu pour résultat de limiter l'impact du cross-check. Le cross-check a cependant permis d'identifier, dans chaque domaine, quelques composants qui ont été ajoutés au scope LTO-Ageing.

L'interaction entre domaines et l'exhaustivité des résultats de scoping ont été éprouvés lors des cross-checks effectués pour les cinq interactions suivantes :

	Domaine 1	Domaine 2
1	Systèmes mécaniques et composants	Systèmes et composants EI&C
2	Systèmes mécaniques et composants	Structures
3	Systèmes et composants EI&C	Structures
4	Systèmes mécaniques et composants – partie active	Scope RCM
5	Systèmes et composants EI&C – partie active	Scope RCM

Conclusion

L'ensemble des analyses ci-dessus et les notes associées constituent le scope des SSC pour l'étude LTO-Ageing. Ces SSC feront l'objet, au cours de la période d'exploitation à long terme (LTO), de la gestion du vieillissement définie par les résultats de l'étude présentés dans les paragraphes suivants.

4.2.2 Ageing Management Programs (AMP)

Les AMP sont développés pour s'assurer que les effets du vieillissement sont gérés de manière adéquate. Les AMP décrivent les effets d'un vieillissement lent sur la tenue des composants passifs et proposent des actions préventives, voire correctives, ainsi que des moyens de surveillance afin de garantir les fonctions de sûreté des équipements de la centrale.

La liste des différents AMP applicables à Tihange 1 a été établie. Hormis quelques exceptions, la majorité des AMP proposés sont conformes à ceux présentés dans le NUREG-1801 [3] pour les PWR. Des points d'attention spécifiques à Tihange 1 ont également été identifiés et ont donné lieu à la création d'AMP spécifiques à Tihange 1.

Ces AMP ne sont applicables qu'aux composants passifs, les composants actifs étant gérés via la stratégie de maintenance (cf. § 4.2.3.1).

AMP conformes au NUREG-1801

AMP	Titre
AMP du domaine mécanique	
M1	ASME Section XI In-service Inspection, Subsections IWB, IWC and IWD
M2	Water chemistry
M3	Reactor Head Closure Studs
M10	Boric acid corrosion
M11	Nickel-alloy penetration nozzles welded to the upper reactor vessel closure heads of pressurized water reactors
M12	Thermal ageing embrittlement of Cast Austenitic Stainless Steels
M13	Thermal ageing and neutron embrittlement of Cast Stainless Steels
M14	Loose Part Monitoring

AMP	Titre
M15	Neutron Noise Monitoring
M16	Reactor Pressure Vessel Internals
M17	Flow Accelerated Corrosion
M18	Bolting integrity
M19	Steam Generator tube integrity
M20	Open Cycle Cooling Water System
M21	Closed Cycle Cooling Water System
M22	Boraflex Monitoring
M23	Inspection of Overhead Heavy Load and Light Load (related to refueling) Handling Systems
M24	Compressed Air Monitoring
M26	Fire protection
M27	Fire Water System
M29	Above ground Steel Tanks
M30	Fuel Oil Chemistry
M31	Reactor Pressure Vessel surveillance
M32	One-time Inspection
M33	Selective Leaching
M34	Buried Piping and Tanks Inspection
M35	One-Time Inspection of ASME Code Class 1 Small-Bore Piping
M36	External surfaces monitoring
M37	Flux thimble tubes inspection
M38	Inspection of internal surfaces in miscellaneous piping and ducting components
M39	Lubricating oil analysis program
AMP du domaine des structures	
S1 (Civil Works)	Steel Containment (ASME Section XI, Subsection IWE)
S1	Steel Containment (ASME Section XI, Subsection IWE)
S3	Component Support (ASME Section XI, Subsection IWF)
S4	Pressure Retaining Components - Leakage (10 CFR Part 50, Appendix J)
S5	Masonry wall program
S6 MS (Mechanical Structures)	Structures Monitoring Program
S6 CW (Civil Works)	Civil Works Monitoring Program
S8	Protective coating monitoring and maintenance program
AMP du domaine EI&C	
E1	Electrical Cables and Connections Not Subject to 10CFR50.49 Environmental Qualifications Requirements
E2	Electrical Cables and Connections Not Subject to 10CFR50.49 Environmental Qualifications Requirements Used In Instrumentation Circuits
E3	Câbles moyenne tension inaccessibles non soumis aux exigences de la réglementation de qualification environnementale 10 CFR 50.49
E4	Metal enclosed busbars
E5	Porte-fusibles
E6	Connexions de câbles électriques non soumises aux exigences de qualification environnementale 10 CFR 50.49

AMP spécifiques à Tihange 1 pour les différents domaines

AMP	Titre
SAMP du domaine mécanique	
SAMP M101	Nickel-alloy bottom mounted instrumentation nozzles and welds
SAMP M102	Steam Generators - Components other than tubes
SAMP M104	Polymers (Elastomers and other synthetic materials)
AMP du domaine des structures	
AMP PSP S2	Concrete containment program
AMP PSP S7	Water Cooling and Water Control Structures Program
AMP PSP S9	Buried and Above Ground Concrete Piping and Gallery Program
AMP PSP S10	Internal structures program (RGB & GNH)

Conclusion

Un cadre de référence a été créé en conformité avec la méthodologie appliquée aux États-Unis pour la gestion du vieillissement. Ceci permet une approche systématique et structurée pour les AME des composants passifs qui appartiennent au scope LTO-Ageing.

4.2.3 Ageing Management Evaluation (AME)

Une analyse de la gestion appropriée du vieillissement a été réalisée pour tous les SSC identifiés dans le scope LTO-Ageing.

Pour ceux-ci, le processus de l'AME est suivi selon la méthodologie décrite au § 3.3.3.

Comme résultat de ce processus, toutes les actions qui sont nécessaires pour garantir le maintien des fonctions de sûreté durant la période d'exploitation à long terme ont été déterminées.

Pour chaque système, type de structure et Commodity Group, les AMP applicables (cf. § 4.2.2) et les éventuelles actions à mettre en place ont été identifiées.

4.2.3.1 Systèmes et composants mécaniques

La gestion du vieillissement à long terme des composants passifs est assurée par la mise en œuvre des plans d'action liés aux AMP. Dans cette approche, il est vérifié de manière systématique si les différents AMP (cfr. § 4.2.2) sont applicables aux systèmes appartenant au scope LTO-Ageing (cfr. § 4.2.1.1).

La liste combinant les actions issues des AMP et les actions issues des AME, réalisées pour les systèmes et composants mécaniques appartenant au scope LTO-Ageing, permet une gestion adéquate de leur vieillissement.

Les principales actions sont les suivantes :

Acr.	Système	Description des actions sur les systèmes mécaniques appartenant au scope LTO-Ageing
CEI	Circuit d'eau d'incendie	Remise à neuf du réseau de distribution
CSC	Conditionnement salle de conduite	Remplacement des groupes frigo
CRP	Circuit de refroidissement primaire	Réalisation des inspections suivantes : <ul style="list-style-type: none"> • Tube guide de grappe de contrôle (carte guide, soudures de bride inférieure) • Enveloppe de cœur (soudure de bride supérieure du cloisonnement du cœur)

Acr.	Système	Description des actions sur les systèmes mécaniques appartenant au scope LTO-Ageing
		<ul style="list-style-type: none"> • Cloisonnement du cœur (vis de couture, vis de baffles, plaques de cloisonnement) avec remplacement éventuel des vis défectueuses • Composants d'alignement et d'interface (anneau de calage) • Écran thermique (support flexible de l'écran thermique)
CVP	Circuit de vapeur principal	Analyse de modification de l'installation en vue de l'injection d'un réactif spécifique Mise en place d'inspections visuelles internes
CCV	Circuit de contrôle volumétrique et chimique	Mise en place d'inspections visuelles internes et développement d'une méthode pour maîtriser le « selective leaching »
EAS	Eau alimentaire de secours	Mise en place d'inspections visuelles internes et développement d'une méthode pour maîtriser le « selective leaching » Analyse de modification de l'installation en vue de limiter la concentration en oxygène

La gestion du vieillissement des composants actifs est assurée via la stratégie de maintenance qui vise leur fonctionnement adéquat. Ceci implique que les plans et stratégies de maintenance des composants actifs ont été analysés de manière systématique et seront corrigés lorsque nécessaire.

Les équipements mécaniques actifs appartenant au scope LTO-Ageing sont définis comme « des équipements pour lesquels la fonction active (mouvement) est nécessaire pour remplir leur fonction de sûreté ». Il a notamment été vérifié lors d'un cross-check (cf. § 4.2.1.5) que le scope couvert par le processus RCM intègre l'ensemble de ces équipements dans son analyse.

Les conclusions par circuit sont reprises dans les AME relatifs aux équipements mécaniques actifs et dans les résultats de l'analyse RCM.

La stratégie de maintenance des composants actifs de ces systèmes est vérifiée par application de la méthodologie RCM. L'analyse RCM concerne plus de 13 000 plans de maintenance et a conduit aux résultats suivants :

- 75 % des plans de maintenance n'ont pas été modifiés.
- Pour 3 % des plans de maintenance, leur fréquence de mise en application sera réduite.
- Pour 2 % des plans de maintenance, leur fréquence de mise en application sera augmentée.
- De nouveaux plans de maintenance seront créés à concurrence des 20 % restants.

4.2.3.2 Composants des structures

La gestion du vieillissement à long terme des structures est assurée par la mise en œuvre des plans d'action liés aux AMP. Dans cette approche, il est vérifié de manière systématique si les différents AMP (cfr. § 4.2.2) sont applicables aux structures appartenant au scope LTO-Ageing (cfr. § 4.2.1.2).

La liste combinant les actions issues des AMP et les actions issues des AME, réalisées pour les structures appartenant au scope LTO-Ageing, permet une gestion adéquate de leur vieillissement.

Les actions principales sont les suivantes :

Structure	Description des actions sur les structures appartenant au scope LTO-Ageing
Supports non ASME : supports, amortisseurs et boîtes à ressort	Réalisation d'une inspection de référence (base-line)
Charpentes métalliques diverses « other non-category 1 structures »	Réalisation d'une inspection de référence (base-line)
Portes étanches	Réalisation d'une inspection de référence (base line)
Armoires et coffrets électriques de puissance et de contrôle-commande (I&C) & racks d'instrumentation	Réalisation d'une inspection de référence (base-line)
Barrières résistantes au feu	Réalisation d'une inspection de référence (base-line)
Double enceinte du bâtiment réacteur	Mise en œuvre d'un système de suivi des caractéristiques de génie civil des bâtiments
Aéroréfrigérant	Remplacement du packing et rénovation de pourtrason interne
Circuit d'Eau de Circulation (CEC), Galeries	Rénovation de joints
Bâtiments des auxiliaires nucléaires et électriques (BAN), (BAE)	Travaux de renforcement éventuels suite aux tassements
Chemisage métallique du bâtiment du réacteur	Réalisation des inspections et remplacement éventuel du joint d'étanchéité entre le liner du bâtiment du réacteur et le fond du bâtiment du réacteur

4.2.3.3 Composants EI&C

La gestion du vieillissement à long terme des composants EI&C est assurée par la mise en œuvre des plans d'action liés aux AMP. Dans cette approche, il est vérifié de manière systématique si les différents AMP (cfr. § 4.2.2) sont applicables aux composants EI&C appartenant au scope LTO-Ageing (cfr. § 4.2.1.3). Les actions retenues suite à cette analyse sont combinées avec les actions retenues lors de l'analyse suivant le processus AME.

Pour les composants EI&C qualifiés, un processus AME spécifique, soutenu par le processus RSQ, est mis en œuvre. Le maintien ou le renouvellement de la qualification est assuré par la mise en œuvre d'actions spécifiques (essentiellement remplacement de composants et mise à jour de programmes de maintenance).

La liste combinant les actions issues des AMP et les actions issues des AME, réalisées pour les composants EI&C appartenant au scope LTO-Ageing, permet une gestion adéquate de leur vieillissement.

Les actions principales sont les suivantes :

Commodity Group	Description des actions sur les composants EI&C appartenant au scope LTO-Ageing
Motors and generators	Remplacement et rénovation des moteurs 380V qualifiés des pompes, ventilateurs et actionneurs, ainsi que des moteurs 6kV des pompes.
Radiation Monitoring	Rénovation et/ou remplacement des chaînes de mesure d'activité en situation incidentelle et accidentelle.
Relays	Remplacement des relais qualifiés arrivés en fin de vie.

Commodity Group	Description des actions sur les composants EI&C appartenant au scope LTO-Ageing
Alarm units	Remplacement du système de détection incendie.
Pressure reducers	Remplacement des composants périphériques (positionneurs, détendeurs, boosters) des (± 200) servomoteurs pneumatiques et hydrauliques.
Transmitters	Remplacement des (± 100) transmetteurs qualifiés 1 ^E .

Conclusion

Une évaluation de la gestion du vieillissement a été réalisée pour tous les SSC appartenant au scope LTO-Ageing. Les Ageing Management Programs ont été utilisés en conformité avec la méthodologie du NUREG afin de structurer la gestion du vieillissement. Lorsque nécessaire, une approche spécifique a été suivie, notamment pour les composants actifs et les composants EI&C qualifiés.

Le résultat global de l'analyse de la gestion du vieillissement est qu'il n'existe pas de verrou technique dans la maîtrise du vieillissement pour la période d'exploitation à long terme pour autant que les AMP et les programmes d'action soient correctement exécutés.

4.2.4 Time Limited Ageing Analysis (TLAA)

Les analyses initiales de vieillissement limitées dans le temps (TLAA) sont basées sur une durée déterminée pour l'exploitation de la centrale.

Une évaluation de l'état de ces TLAA originales et de leur mise à jour a été réalisée dans le cadre des pré-conditions du LTO (cfr § 4.1.8).

Afin de permettre l'exploitation à long terme (LTO) de Tihange 1 au-delà de 40 ans, ces TLAA ont été réévaluées.

Liste des TLAA

Le tableau suivant mentionne, pour toutes les TLAA applicables à Tihange 1, si l'analyse TLAA était déjà considérée lors de la conception de la centrale, si elle a été considérée (ou réévaluée) dans la période s'étalant de la conception jusqu'au début de l'analyse LTO-Ageing et si elle est à considérer dans le cadre du projet LTO.

La dernière colonne signale, pour toutes les TLAA intégrées dans l'analyse LTO-Ageing, si des actions sont à définir ou à réaliser afin de pouvoir confirmer les conclusions de cette TLAA et les étendre jusqu'en 2025.

TLAA	À la conception de la centrale	Avant le LTO	Dans le cadre du LTO	Actions
Reactor Pressure Vessel Embrittlement	Oui	Oui	Oui	X
Fatigue crack growth	Non	Oui	Oui	-
Cast Austenetic Stainless Steel thermal embrittlement	Non	Oui	Oui	-
Reactor Coolant Pump flywheel	Non	Non	Oui	-
Crane load cycle limit	Non	Non	Oui	-
Fatigue	Oui	Oui (étendu vis à vis de la construction)	Oui	X
Précontrainte enceinte primaire	Oui	Oui	Oui	X

Le tableau ci-dessous donne les actions principales mises en œuvre pour confirmer les conclusions des TLAA :

Analyse TLAA dans le cadre du LTO	Action
Reactor Pressure Vessel Embrittlement	Adaptations des Spécifications Techniques pour assurer la protection du circuit primaire contre les surpressions à froid à tout moment
Fatigue	<p>Demande de dérogation pour pouvoir prendre en compte dans les études « Defect Tolerance Analyses » une autre valeur de ténacité que celle prévue dans l'édition du Code ASME XI actuellement en vigueur</p> <p>Suivi de l'évolution de la méthodologie pour la prise en compte des effets environnementaux sur la fatigue en général, et en particulier pour des équipements de Classe 2 ASME III tels que l'échangeur-régénérateur du circuit CCV</p>
Précontrainte	Installation d'un système de surveillance complémentaire de la précontrainte de l'enceinte primaire de Tihange 1 et poursuite du suivi actuel

Conclusion globale

Il a été clairement démontré que le vieillissement de la cuve du réacteur ne pose aucun problème pour la prolongation de la durée de vie à 50 ans.

D'une manière générale, la réévaluation des TLAA a permis de confirmer que les fonctions et marges de sûreté prévues dans ces études n'étaient pas dépassées et restaient valables pour la période d'exploitation à long terme.

Certaines actions ciblées spécifiques sont nécessaires pour confirmer les conclusions des TLAA.

4.3 Évaluation de la conception

L'objet de cette section est de donner un aperçu synthétique de l'ensemble des modifications faisant partie du plan global prévu pour l'amélioration de la conception de Tihange 1, aussi dénommé « Agreed Design Upgrade ».

Pour ce faire, toutes les améliorations ont été regroupées en neuf thèmes :

1	« Backup Safety »
2	« Earthquake »
3	« Fire »
4	« Flooding »
5	« Physical Separation »
6	« Qualification »
7	« Severe Accident »
8	« Operator Training »
9	« System »

La découpe est globalement faite en fonction des objectifs poursuivis par les améliorations prévues. Par exemple, les modifications directement liées à la détection/protection incendie se retrouvent dans le thème « Fire ». Outre la vision synthétique qu'elle apporte, cette découpe permet également de vérifier que le plan global est équilibré et touche à l'ensemble des vulnérabilités identifiées en matière de sûreté.

Les sections qui suivent abordent successivement les thèmes cités et reprennent systématiquement les aspects suivants :

- Définition du thème, résumé des points d'attention de sûreté traités et objectifs de sûreté poursuivis ;
- Synthèse des modifications principales reprises dans le thème ;
- Justifications et arguments principaux ayant conduit au choix des modifications retenues.

Il convient de noter que les modifications mentionnées ci-après combinent le résultat des études LTO volet « Design » et ceux des tests de résistance [4] menés suite à l'accident de Fukushima. Certaines de ces modifications seront mises en œuvre indépendamment du projet LTO.

Le § 4.3.10 reprend un tableau synthétique de l'ensemble des modifications prévues dans l'ADU.

4.3.1 Backup Safety

Le thème « Backup Safety » a trait aux points d'attention de sûreté relatifs aux moyens de secours mis en œuvre en cas de perte des équipements de sûreté du premier et/ou second niveau. On vise ici en particulier le Système d'Ultime Repli (SUR), ainsi que les moyens supplémentaires de réalimentation électrique, éventuellement non conventionnels¹.

Les études menées dans le cadre du projet LTO d'une part, et dans le cadre des tests de résistance d'autre part, ont mis en évidence les points suivants :

- Une défaillance de mode commun du système de contrôle commande du réacteur pourrait entraîner la perte de fonctions redondantes et ainsi mettre en péril la sûreté de l'unité. Ceci constitue une vulnérabilité notamment en cas d'incendie de grande ampleur dans le bâtiment BAE. Il est à noter que le système d'ultime repli, dans sa conception existante, permet déjà de pallier certaines situations de ce type.
- Pour plusieurs accidents actuellement couverts par le système d'ultime repli, l'état d'arrêt sûr considéré pour le réacteur est l'état d'arrêt intermédiaire aux conditions RRA et non l'arrêt à froid.
- Les tests de résistance demandent de renforcer les apports en électricité et les appoints en eau suite à l'analyse des scénarios du type de l'accident survenu à Fukushima.

Pour répondre à ces points d'attention de sûreté, il est envisagé de renforcer les fonctions des installations du Système d'Ultime Repli (SUR). Le renforcement des fonctions du SUR permettra de faire face aux événements de conception tels que des accidents ou incidents susceptibles de conduire à des défaillances de mode commun en plus des événements pour lesquels le dispositif a été conçu à son origine. De plus, l'amélioration du SUR mettra à disposition les fonctions qui permettent d'arrêter et de maintenir le réacteur à l'arrêt à chaud et, à terme, d'en assurer le passage et le maintien à l'arrêt à froid pour tous les événements de conception considérés. Pour ce faire, il est envisagé que les systèmes RRA/CRI/CEB puissent être réalimentés par le SUR dans sa nouvelle configuration. Les pompes CTP pourront, elles aussi, être réalimentées électriquement.

Le dispositif résultant de l'amélioration du SUR sera abrité dans de nouveaux bâtiments et contiendra les éléments suivants :

- La salle de contrôle d'ultime repli ;
- Les équipements de distribution électrique ;
- Un générateur diesel 6 kV ;
- Les systèmes de ventilation et de détection/protection incendie associés.

Il fera appel aux mêmes équipements que le SUR actuel, ainsi qu'à des équipements existants complémentaires.

De plus, les éléments suivants seront intégrés à la conception du SUR étendu :

- Les équipements du SUR étendu seront fonctionnellement classés et qualifiés afin de garantir leur démarrage et leur fonctionnement après un séisme.
- Une réalimentation électrique rapide du SUR étendu par le générateur diesel CMU sera possible. Le diesel CMU est un générateur autonome qui fera partie du nouveau Circuit des Moyens Ultimes (CMU). Ce générateur diesel aura une classification comparable à celle du nouveau générateur diesel 6 kV du SUR étendu.

¹ Les moyens non conventionnels recouvrent les équipements mobiles utilisés pour réaliser des appoints en eau/fuel/air comprimé ou pour réalimenter électriquement des systèmes de sûreté.

- Une seconde pompe PIS sera installée.
- Les opérateurs seront protégés des gaz toxiques présents sur le site et pouvant être libérés suite à un séisme.

Par ailleurs, les appoints en eau des générateurs de vapeur seront renforcés en construisant une nouvelle bache EAS de plus grande capacité et en ajoutant une pompe d'eau alimentaire de secours dans le bâtiment du SUR étendu. En outre, les alimentations électriques seront renforcées au moyen d'alimentations alternatives d'équipements de sûreté et de redresseurs et/ou de moyens non conventionnels, par l'ajout de générateurs autonomes, de nouveaux tableaux, de câbles et tiroirs adaptés ou via des tableaux existants.

L'intérêt des modifications prévues se justifie pleinement, tant par les analyses probabilistes, que par les analyses déterministes menées suite à l'accident de Fukushima. Le renforcement du SUR permettra aussi de réduire l'écart entre Tihange 1 et les centrales les plus récentes en matière de protection contre la perte d'équipements du 1^{er} niveau, ce qui est conforme à l'objectif du volet « Design » du projet.

4.3.2 Earthquake

Le thème « Earthquake » rassemble les points d'attention de sûreté associés au séisme et à ses conséquences sur l'installation

Dans le cadre des études du projet LTO, la revue de conception de l'unité 1 de Tihange a souligné le fait que la disponibilité du circuit d'eau d'incendie CEI n'était pas garantie après un séisme. Les tests de résistance ont, eux, identifiés un certain nombre d'actions pour renforcer la protection en cas de séisme.

Au vu de ces constatations, les améliorations prévues consistent à :

- Examiner l'opportunité de renforcer le bâtiment des auxiliaires électrique (BAE) pour améliorer sa résistance en cas de séisme ;
- Installer des hydrants (moyens de protection incendie manuels) alimentés via des circuits qualifiés au séisme à proximité des équipements liés à la sûreté et nécessaires pour la mise à l'arrêt sûr du réacteur.

4.3.3 Fire

Le thème « Fire » rassemble les points d'attention de sûreté liés à la prévention et à la maîtrise d'un incendie dans l'installation, et plus précisément dans les bâtiments eau-vapeur (W), des Groupes Diesel de Secours (GDS), des auxiliaires nucléaires (BAN) et des auxiliaires électriques (BAE).

Des études ont été menées dans le cadre du projet LTO afin d'évaluer d'une part le risque incendie dans les différents locaux, et d'autre part la possibilité qu'un incendie puisse avoir un impact sur un ou plusieurs équipements de sûreté. Des études probabilistes ont également été réalisées afin de déterminer les locaux ou compartiments les plus sensibles en termes d'impact sur la probabilité de fusion du cœur. Il s'agissait, en résumé, d'identifier les points les plus critiques du point de vue de la sûreté en cas d'incendie.

Sur cette base, plusieurs améliorations ont été prévues afin de compléter les mesures de prévention et de protection incendie actuellement mises en œuvre. De manière systématique, les modifications retenues ont pour objectif de :

- Supprimer la charge calorifique, afin d'éliminer le risque incendie ;
- Si ce n'est pas possible, créer un compartimentage résistant au feu pour isoler la charge calorifique vis-à-vis des équipements de sûreté ou pour séparer des trains redondants ;
- Si cette seconde option n'est pas non plus réalisable, renforcer les moyens de détection et de protection, pour réagir plus vite et plus efficacement de sorte qu'un incendie ne se propage pas à des équipements de sûreté.

On peut citer les modifications suivantes :

- Le compartimentage des pompes de transfert fuel vis-à-vis des tableaux électriques voisins dans le bâtiment des GDS ;
- La séparation RF des câbles du contrôle-commande des GDS dans le local D300 ;
- Le renforcement de la protection incendie des pompes EAS, la création d'une barrière RF entre le rez-de-chaussée et le 1er étage du bâtiment W, et l'ajout d'une protection incendie des câbles des compresseurs CAR ;
- L'augmentation de la capacité de rétention d'huile dans le bâtiment W, autour des circuits d'huile et des caisses à huile des vannes réglantes d'eau alimentaire EAN, ainsi que le renforcement de la protection des postes à huile de ces vannes ;
- L'ajout d'un système de détection sur les passerelles à câbles et dans les faux planchers, l'amélioration de la protection incendie et du compartimentage RF dans le bâtiment BAE ;
- Le renforcement du compartimentage RF, des systèmes de détection et de protection individuelle automatique, des postes déluges, ainsi que de plusieurs équipements de sûreté (pompes ISBP, CTP, CAE, CRI et ISHP) localisés dans le bâtiment BAN ;
- Le renforcement de la ligne d'appoint de fuel qui passe dans le local E201 du bâtiment BAE afin d'éviter une fuite de cette ligne en cas de séisme.

Ces modifications se justifient car elles réduisent les conséquences potentielles d'un incendie, en particulier là où la séparation physique n'est pas optimale.

4.3.4 Flooding

Le thème « Flooding » a trait aux points d'attention de sûreté relatifs à une inondation d'origine interne ou externe au site.

Ce sujet a déjà été abordé lors de la 3^{ème} Révision périodique de Sûreté (sujet B4). Sur ce point, des actions sont en cours.

Les études menées dans le cadre du volet « Design » ont de plus souligné l'intérêt d'améliorer la fiabilité du système d'exhaure des locaux de recirculation, par ajout de pompes d'exhaure classées, pour réduire le risque d'inondation interne de ces locaux suite à une fuite en phase de recirculation et pour éviter une perte d'inventaire du fluide recirculé.

Il est également prévu d'ajouter un cloisonnement séparant le local N290 en deux, ainsi que des vannes d'isolement manuel sur chacune des lignes du circuit CRI dans le local N191. Il s'agit ici de réduire le risque de mode commun consécutif à une inondation interne des locaux de recirculation.

4.3.5 Operator Training

Le thème « Operator Training » traite des points d'attention de sûreté liés au facteur humain. On vise ici en particulier la formation des opérateurs.

Le simulateur utilisé actuellement sur le site de Tihange pour la formation du personnel de conduite est un simulateur commun pour les trois centrales. Ce simulateur « full-scale » correspond à la configuration de la salle de conduite de Tihange 2, et dispose d'un certain nombre d'adaptations afin de représenter également Tihange 1 et 3.

Dans le cadre des études LTO, il a été montré que pour certains aspects précis – la simulation du poste d'eau, des alimentations électriques ou du système d'instrumentation de processus par exemple – le simulateur commun n'était pas complètement représentatif. Pour cette raison, il est envisagé de construire un nouveau simulateur « full-scale » représentant la configuration de la salle de commande de Tihange 1. Disposer d'un simulateur complètement représentatif de l'unité devrait améliorer les performances humaines des opérateurs et ainsi contribuer à l'amélioration de la sûreté et de la disponibilité de Tihange 1.

4.3.6 Physical Separation

Le thème « Physical Separation » traite des points d'attention de sûreté liés à un manque de séparation physique entre équipements de sûreté redondants voisins ou vis-à-vis d'équipements non liés à la sûreté qui pourraient avoir un impact sur ces derniers.

Suite à la réévaluation de la conception de Tihange 1, l'un des points d'attention de sûreté identifiés est le manque de séparation physique dans certaines galeries. Des câbles appartenant aux deux voies de sûreté redondantes transitent en effet dans certains cas dans une même galerie. Le risque principal vis-à-vis de cette situation est celui d'un incendie qui pourrait endommager des câbles d'alimentation électrique ou de contrôle-commande d'équipements de sûreté redondants (cause commune de défaillance).

Il est envisagé de prendre des mesures complémentaires pour renforcer la prévention et protection incendie dans les galeries concernées. Les modifications sont les suivantes :

- Améliorer la séparation physique dans les galeries par l'ajout d'enduit retardant le feu sur certains tronçons de câbles ;
- Renforcer les systèmes de détection par l'ajout d'une détection linéaire de chaleur sur les passerelles à câbles ;
- Améliorer la fiabilité des systèmes de protection individuelle automatique (PIA) ;
- Compléter le système d'évacuation d'eau d'extinction pour faciliter une intervention des équipes de protection incendie.

L'ensemble de ces mesures permet de disposer d'un système de détection et de protection incendie plus efficace, réduisant ainsi le risque qu'un incendie n'impacte des trains redondants et ne nécessite une intervention humaine dans des conditions difficiles.

4.3.7 Qualification

Le thème « Qualification » rassemble des points d'attention de sûreté associés à la qualification des équipements assurant une fonction de sûreté. Ceci couvre aussi bien les équipements mécaniques qu'électriques.

Dans le cadre des études liées au volet « Design », un point d'attention de sûreté relatif à l'alimentation, par les tableaux basse tension classés de sûreté, d'équipements non qualifiés a été mis en évidence. Le risque souligné ici est qu'un équipement non qualifié mette en péril, en situation accidentelle, les fonctions des équipements de sûreté alimentés par le même tableau basse tension. À cet effet, la réglementation requiert, pour éviter cette situation, que la séparation entre équipements qualifiés et non qualifiés soit réalisée au travers d'un dispositif d'isolement adéquat.

Une analyse plus approfondie a montré que pour les niveaux de tension 380V et 220V, la situation actuelle était conforme à la réglementation et jugée raisonnablement sûre. Pour le niveau de tension 115V, les modifications envisagées dans le cadre du volet « Ageing », à savoir le remplacement des organes de coupure par des disjoncteurs qualifiés, permettent de répondre au point d'attention de sûreté soulevé.

4.3.8 Severe Accident

Le thème « Severe Accident » couvre, comme son nom l'indique, les points d'attention de sûreté liés aux accidents graves.

Le point d'attention de sûreté soulevé dans le cadre des études du volet « Design » est issu du fait que, à terme, la pressurisation lente de l'enceinte peut conduire à une perte d'intégrité de la dernière barrière de confinement pour les produits de fission et conduire à des rejets radioactifs non contrôlés dans l'environnement. Le cas hypothétique visé ici est une situation d'un accident grave, c'est-à-dire un accident impliquant une fusion du cœur, combiné à une défaillance des systèmes de refroidissement de l'enceinte.

Un certain nombre de dispositions existent actuellement pour traiter cet aspect (voir rapport des tests de résistance [4]). Afin de mieux répondre à ce point d'attention de sûreté, un système dénommé « événement filtré » sera installé. Ce dispositif permet de dépressuriser l'enceinte pour la protéger en cas d'accident grave, tout en réduisant dans des limites acceptables les rejets radioactifs vers l'environnement. L'utilisation de cet événement est envisagée comme action ultime dans les situations spécifiques d'accident grave.

Le choix préliminaire du type d'événement filtré a été basé sur l'analyse des différentes solutions possibles et mises en œuvre dans les autres pays, principalement en Europe de l'Ouest.

L'installation d'un événement filtré permet de répondre à la position (Reference Level F4.5) de WENRA [7], à savoir « évaluer les moyens de protection de l'enceinte de confinement contre les surpressions ». Le retour d'expérience de l'accident de Fukushima démontre également l'intérêt d'installer un événement filtré, comme cela a été mis en évidence. Il est à noter que des études complémentaires vont être menées par rapport au choix de la solution technique.

De plus, les tests de résistance ont prévu de réaliser une étude de faisabilité pour la mise en œuvre d'un moyen supplémentaire d'injection d'eau vers le puits de cuve. Ceci contribuerait au renforcement de la protection du radier en cas d'accident grave avec percement de la cuve par le corium (cœur du réacteur en fusion).

4.3.9 System

Le thème « System » rassemble les points d'attention de sûreté qui ont trait à la conception des systèmes de sûreté.

Dans le cadre des études LTO, plusieurs systèmes ont été réévalués. Les points d'attention de sûreté abordés relèvent essentiellement de la fiabilité de ces systèmes et de la conformité aux évolutions de la réglementation. Ils ont été analysés plus en détail afin, d'une part, d'évaluer l'intérêt pour la sûreté au moyen d'évaluations probabilistes par exemple, et, d'autre part, d'évaluer la faisabilité des modifications de ces systèmes.

En résumé, les modifications suivantes sont envisagées :

- Remplacer de manière préventive le té de mélange situé en aval des échangeurs RRA, à la connexion avec la ligne de by-pass de ces échangeurs. Cette zone étant jugée la plus sensible à la fatigue thermique et au phénomène d'érosion-corrosion. D'autres mesures complémentaires de type inspection et maintenance sont envisagées afin de réduire autant que possible, par une approche préventive, le risque de défaillance de mode commun sur le circuit RRA à la suite d'une fuite sur ce circuit ;
- Renforcer les spécifications techniques d'exploitation afin de garantir la disponibilité des pompes CIS et CAE en état d'arrêt à froid et intégrer dans les procédures d'accident les parades possibles en cas de défaillance du RRA ;
- Installer des mesures continues du niveau d'eau, redondantes et qualifiées, dans la piscine d'entreposage du combustible usé du BAN. Les indications de niveau seront renvoyées en salle de commande principale ainsi que dans la salle de commande du SUR étendu, et prendront en compte les exigences issues du projet BEST. Cette amélioration fiabilisera la gestion du refroidissement de la piscine d'entreposage de combustible usé. Elle renforcera notamment les moyens de contrôle du niveau d'eau si, par exemple, un appoint était requis suite à la perte du système de refroidissement ;
- Dédoubler les chaînes de mesure du niveau gamme large des générateurs de vapeur et la chaîne de mesure de niveau du réservoir d'injection de sécurité. Ceci permettra de fiabiliser les mesures utilisées en situation accidentelle ;
- Ajouter une paroi résistante au feu et sismique entre les ventilateurs des locaux des moteurs des pompes d'injection de sécurité basse pression afin de réduire le risque associé à l'un des facteurs de défaillance de cause commune, à savoir l'incendie. Des mesures complémentaires organisationnelles sont également envisagées afin de réduire d'autres risques et de pallier plus rapidement toute défaillance éventuelle d'un ventilateur.

4.3.10 Synthèse des améliorations de conception

Le tableau ci-après reprend l'ensemble des améliorations de conception prévues dans l'ADU. Pour chaque amélioration, il est indiqué dans quel cadre – LTO ou BEST – la modification sera réalisée.

Thème	Améliorations de conception	ADU Ref	Réalisation
Backup Safety	Construction d'un SUR étendu (SUR = Système d'Ultime Repli), qui protège contre une défaillance de cause commune dans le BAE	ADU-T1/01	LTO
	Ajout d'une pompe PIS dans le SUR étendu	ADU-T1/02	LTO

Thème	Améliorations de conception	ADU Ref	Réalisation
	Prévoir une classification fonctionnelle des équipements du SUR étendu + Garantir démarrage à court terme et fonctionnement après séisme	ADU-T1/03	LTO
	Prévoir possibilité de lignage rapide du diesel CMU vers le SUR étendu + Prévoir exigences comparables pour diesel CMU et SUR étendu	ADU-T1/04	LTO
	Prévoir une protection des opérateurs contre les gaz toxiques présents sur site et libérables suite à un séisme	ADU-T1/05	LTO
	Construction d'un SUR étendu (SUR = Système d'Ultime Repli), qui permet d'atteindre l'état d'arrêt à froid	ADU-T1/06	LTO
	Alimentation alternative (380 V) d'équipements non conventionnels et/ou de sûreté (compresseurs, pompes, vannes...), moyennant des tiroirs adaptés et des câbles ou via des tableaux existants	ADU-T1/07	BEST
	Alimentation alternative (380 V) de redresseurs, moyennant des tiroirs adaptés et des câbles ou via des tableaux existants	ADU-T1/08	BEST
	Ajout d'une bâche EAS dans le SUR étendu	ADU-T1/09	LTO
	Ajout d'une pompe EAS dans le SUR étendu	ADU-T1/10	LTO
Earthquake	Installation d'hydrants alimentés par le CEB (sismique)	ADU-T1/11	LTO
	Examiner l'opportunité de renforcer le Bâtiment des Auxiliaires Électriques de T1	ADU-T1/12	BEST
Fire	Renforcement de la protection incendie des postes à huile des vannes réglantes EAN (3)	ADU-T1/13	LTO
	Renforcement de la protection incendie des pompes EAS P4Vh1-2 + P3Vh	ADU-T1/14	LTO
	Création d'une barrière RF entre le rez-de-chaussée et le 1 ^{er} étage du bâtiment W	ADU-T1/15	LTO
	Ajout d'une protection incendie des câbles des compresseurs CAR	ADU-T1/16	LTO
	Séparation RF des câbles du contrôle-commande des GDS dans le local D300	ADU-T1/17	LTO
	Création d'un compartimentage des pompes	ADU-	LTO

Thème	Améliorations de conception	ADU Ref	Réalisation
	de transfert fuel des GDS	T1/18	
	Renforcement de la protection incendie des pompes ISBP, CTP, CAE, CAB, CRI, ISHP localisées dans le BAN	ADU-T1/19	LTO
	Ajout d'une protection incendie au niveau des voies d'accès (escaliers, couloirs) dans le BAN	ADU-T1/20	LTO
	Amélioration de la détection incendie dans le BAE	ADU-T1/21	LTO
	Amélioration de la protection incendie dans le BAE	ADU-T1/22	LTO
	Amélioration du compartimentage RF dans le BAE	ADU-T1/23	LTO
	Renforcement sismique de la ligne de fuel qui passe dans le local E201 dans le BAE	ADU-T1/24	LTO
Flooding	Installation de nouvelles pompes d'exhaure classées des locaux ISBP et ajout d'une ligne de retour vers le BR	ADU-T1/25	LTO
	Installation d'un cloisonnement dans le local N290 et de vannes d'isolement manuel sur les lignes CRI	ADU-T1/26	LTO
Operator Training	Construction d'un nouveau simulateur « full-scale » localisé dans une extension du CFN (Centre de Formation Nucléaire)	ADU-T1/27	LTO
Physical Separation	Renforcement de la protection incendie des galeries dans lesquelles les 2 trains du 1 ^{er} niveau se côtoient (3 galeries)	ADU-T1/28	LTO
Qualification	Remplacement des disjoncteurs du relaying par des disjoncteurs qualifiés (prévu dans le cadre LTO Ageing)	ADU-T1/29	LTO
Severe Accident	Installation d'un événement filtré	ADU-T1/30	BEST
	Préétude (choix d'une solution technique) de l'installation d'un événement filtré dans toutes les unités. (Pour T1, cette installation est prévue dans le cadre du projet LTO)	ADU-T1/31	BEST
	Une étude de faisabilité pour la mise en œuvre d'un moyen supplémentaire d'injection d'eau vers le puits de cuve sera initiée	ADU-T1/32	BEST

Thème	Améliorations de conception	ADU Ref	Réalisation
System	Remplacement préventif du té de mélange en aval des échangeurs du RRA	ADU-T1/33	LTO
	Renforcer les spécifications techniques concernant la disponibilité des pompes CIS et CAE en état d'arrêt à froid + Intégrer des parades possibles en cas de défaillance du RRA dans les procédures d'accident	ADU-T1/34	LTO
	Ajout de sondes de mesure du niveau d'eau dans la piscine d'entreposage du combustible usé, avec report en SDC et au SUR	ADU-T1/35	LTO
	Dédoublage des mesures de niveau (PAMS) dans les générateurs de vapeur et dans le RWST	ADU-T1/36	LTO
	Ajout d'une paroi RF entre les ventilateurs des locaux des moteurs des pompes de recirculation (ISBP et CAE)	ADU-T1/37	LTO

4.4 Compétences, connaissances et comportement

La conclusion se compose de trois parties :

A. La culture de sûreté nucléaire, les processus liés à la gestion et au développement des compétences, en particulier la formation et la certification, et l'utilisation des outils HP (Human Performance) ont été pris en compte dans la mission OSART réalisée en 2007 à la centrale de Tihange 1. Différentes bonnes pratiques et bonnes performances ont été signalées.

Cette appréciation est confirmée par l'auto-évaluation menée dans le cadre du LTO. Dans ce contexte, les processus et les pratiques en place sont évalués par rapport à un ensemble de critères établis sur base de plusieurs documents de référence de l'AIEA pertinents pour les domaines étudiés. Nous pouvons satisfaire à ces critères en tenant compte des plans d'action décrits ci-dessous (points B et C).

B. Les plans d'action menés suite aux audits OSART (2007) et WANO Peer Review (octobre 2009) contribuent à la gestion adéquate des compétences, des attitudes et du comportement et du développement des compétences en relation avec la sûreté d'exploitation pendant la période de LTO. Ces plans d'action portent notamment sur les domaines suivants :

- Pour l'OSART (plan d'action entièrement réalisé), les conclusions du rapport OSART Follow-up de 2009 pour Tihange 1 identifient des améliorations dans les domaines suivants :
 - Management, organization and administration : la promotion et l'utilisation des outils HP
 - Training and qualification :
 - le matériel de formation
 - l'évaluation des compétences pour l'obtention de certifications
 - le coaching du comportement au simulateur
 - Operating experience
 - la réalisation rapide des analyses d'événements et les formations pour réaliser ces analyses
- Pour le WANO Peer Review, le suivi a été réalisé en décembre 2011. Le plan d'action concerne notamment les domaines suivants :
 - Organization and administration :
 - l'amélioration de la gestion des priorités et du suivi des actions
 - la clarification ou la simplification des attentes de la direction pour renforcer leur intégration sur le terrain
 - l'amélioration du respect des règles
 - Training and qualification :
 - l'amélioration des formations On-the-Job Trainings (réalisation, efficacité)
 - le renforcement de l'implication des hiérarchies dans le processus *Training & qualification*, notamment par la réalisation de VOA (Visite d'Observation d'Activité)

Ces plans sont réalisés selon un planning défini dans les plans d'action existants.

C. Les principaux résultats de l'évaluation, en particulier de la gestion des connaissances en relation avec l'exploitation à long terme, sont les suivants :

- L'organisation doit assurer le maintien des connaissances des bases de conception et doit conserver les compétences nécessaires à leur gestion.

- L'utilisation des connaissances, des compétences et de l'expérience disponibles (ou devant encore être acquises) concernant les bases de conception doit être optimisée.

Dans le cadre de l'amélioration continue, la centrale nucléaire de Tihange travaillera sur ces thèmes entre 2012 et 2015.

Cette amélioration partira d'une vision partagée, cohérente, pragmatique et réalisable entre Electrabel et Tractebel Engineering. Elle concerne la gestion des connaissances des bases de conception au niveau de chacune de ces deux entreprises et de ses processus mais également au niveau de la collaboration entre le personnel concerné des deux entreprises.

Les mesures d'amélioration qui seront mises en œuvre sont reprises ci-dessous.

Ces mesures, groupées par processus sont :

Processus	Mesures
Gestion de la configuration	Voir également les conclusions et le plan d'action dans le cadre de l'évaluation des pré-conditions du LTO « Gestion de la configuration » (cf. § 4.1.6) visant à améliorer les performances du processus de gestion de la configuration.
La gestion des connaissances et le développement des compétences liées au Design Basis	<ol style="list-style-type: none"> 1 Définir et mettre en œuvre des niveaux exigés de connaissances des bases de conception. Ces niveaux seront utilisés, d'une part, pour définir le niveau de savoir-faire exigé, par exemple pour remplir un rôle spécifique dans le cadre du processus de modification et, d'autre part, en vue d'établir les programmes de formation. 2 Identifier et valoriser des experts en bases de conception avec désignation des rôles que ces experts peuvent remplir. Cela suppose une définition commune de la répartition des responsabilités entre Electrabel et Tractebel Engineering. 3 Élaborer et mettre en œuvre un plan de formation commun et unique pour ces experts, en fonction du niveau attendu. <p>Dans la définition et l'application des niveaux de connaissance, l'accent est mis sur le processus de gestion des modifications. D'autres processus tels que la maintenance pourraient être considérés ici.</p>
Gestion des modifications	<p>Adapter l'approche existante pour la gestion des modifications et pour la gestion du retour d'expérience en fonction des mesures ci-dessus. Cela signifie par exemple que :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Les enseignements tirés de projets dans le domaine de la réalisation technique ainsi que de l'approche et des procédures utilisées sont documentés et prises en compte dans les projets futurs. • L'approche existante de gestion des modifications est complétée par un support adapté et ciblé d'une expertise en base de conception. • D'un point de vue <i>Human Performance</i>, les risques liés aux projets de modifications peuvent être réduits (par une utilisation renforcée d'outils HP).

Contrôle indépendant

Electrabel souscrit et soutient le principe d'un contrôle indépendant. Afin de suivre les progrès à réaliser dans le domaine des compétences, des connaissances et du comportement, Electrabel collabore pleinement à la mission SALTO de l'AIEA prévue pour 2014. Une description d'une mission SALTO est donnée au § 4.1.

4.5 Planning

4.5.1 Introduction

Le présent chapitre expose le planning de mise en œuvre du projet LTO actuellement envisagé par Electrabel.

4.5.2 Méthodologie et hypothèses

Le planning est le résultat d'un exercice de consolidation de l'ensemble des actions décrites dans le rapport LTO, mais également d'autres activités et projets non directement liés au LTO. Ce planning a pour objectif de maximiser le niveau de sûreté de l'installation tout en tenant compte d'une série de contraintes, hypothèses et conditions.

Ainsi, afin de maximiser la sûreté :

- Il est nécessaire de garantir à tout moment la sûreté des installations, plus particulièrement lors du remplacement d'équipements de sûreté ;
- Il faut garantir un respect absolu des spécifications techniques d'exploitation ;
- Il convient également d'éviter un risque de « défaillance de mode commun » associé au remplacement d'équipements. Il faut ainsi éviter de remplacer des équipements redondants lors d'une même révision et préférer une répartition sur plusieurs révisions ;
- Les risques techniques et la complexité engendrés par la réalisation des modifications doivent à tout moment rester sous contrôle.

Les points suivants ont également été pris en considération :

- Cohérence avec la note stratégique de l'AFCN [1] :
 - Il s'agit de respecter au maximum les jalons du calendrier spécifié dans la note stratégique ;
 - Les modifications et améliorations de conception doivent être mises en œuvre aussi tôt que possible (afin d'améliorer la sûreté globale au plus tôt) ;
- Disponibilité des études, des ressources humaines et du matériel qualifié :
 - Le planning d'ensemble doit tenir compte des délais requis pour réaliser les études et de ceux liés à la fourniture et à l'installation du matériel sur site ;
 - L'aspect de disponibilité de ressources humaines qualifiées est également à considérer, de surcroît lorsque plusieurs modifications sont réalisées simultanément au cours d'un même arrêt de tranche ;
 - En outre, il est nécessaire de prendre en compte, lorsqu'applicable, le délai nécessaire à la qualification des fournisseurs et des nouveaux composants. L'expérience montre que la qualification d'équipements de sûreté, y compris les tests de vieillissement, peut durer plusieurs années ;
- Le principe ALARA s'applique évidemment lors de la réalisation des modifications et peut conduire à regrouper certains travaux lorsque cela permet de réduire le coût dosimétrique associé à ces travaux ;
- Impact sur le réseau et sur la disponibilité des unités :
 - Utilisation optimale des périodes d'indisponibilité engendrées par les activités de remplacement lorsque celles-ci conditionnent la durée des révisions ;
 - Lorsque c'est possible, les modifications de conception sont combinées avec le remplacement d'équipements pour des raisons de gestion du vieillissement ;

- L'impact de la mise à l'arrêt prolongé d'une unité sur les autres unités doit être évalué ;
- La disponibilité globale du parc de production nucléaire doit être prise en compte pour assurer la disponibilité du réseau électrique.

Il est à noter qu'un certain nombre d'hypothèses ont été faites lors de l'établissement de ce planning (délais de fourniture, résultat d'analyse encore à mener, conditions du marché, ...). Par conséquent, le planning est susceptible d'évoluer en fonction des imprévus rencontrés lors de sa mise en œuvre. Les lignes directrices énoncées ci-dessus doivent permettre de guider et d'encadrer ces évolutions.

Les paragraphes qui suivent reprennent les grandes lignes du planning de mise en œuvre et précisent, domaine par domaine, l'approche suivie.

4.5.3 Approche globale

Le planning a été établi sur base d'une analyse des différentes phases d'un projet de cette ampleur, ainsi que d'une estimation de la durée de ces phases et des besoins en ressources associées.

L'ensemble des actions décrites dans le rapport LTO, dont certaines sont déjà en cours, seront en majorité réalisées lors des arrêts de tranche pour révision, prolongés le cas échéant. Il s'agit, autant que possible, de profiter des périodes où l'unité est à l'arrêt pour réaliser les modifications et garantir au mieux la sûreté.

En ce qui concerne la gestion du vieillissement des SSC, il est prévu de réaliser la majorité des remplacements d'équipements de sûreté au cours de deux révisions prolongées (ordre de grandeur : environ deux mois) en 2014 et en 2016. Compte tenu des durées de cycle de Tihange 1, il n'y a pas de révision planifiée en 2015. Des opérations de rénovation seront menées en 2014 sur la voie de sûreté S1. Ces opérations seront menées en 2016 sur la voie de sûreté S2.

Cette approche est considérée pour les raisons suivantes :

- Le fait de procéder au remplacement des équipements des deux voies de sûreté au cours de deux révisions distinctes permet d'éviter le risque de « défaillance de mode commun » ;
- Il est nécessaire de tenir compte du délai de fourniture et de qualification, en particulier pour le matériel EI&C.

Les améliorations de conception sont d'ores et déjà graduellement mises en œuvre et le seront jusqu'à la mise en service complète du nouveau dispositif SUR étendu, à nouveau lors d'un arrêt de tranche prolongé prévu début 2019. Cette période longue est difficilement compressible car il est nécessaire de tenir compte des phases d'étude, de qualification, de fabrication, de fourniture, de construction et d'installation du matériel et des bâtiments associés.

4.5.4 Analyse par thème

4.5.4.1 Pré-conditions

Les actions liées aux pré-conditions, de par leur nature, sont planifiées avant de commencer la période d'exploitation à long terme (LTO), comme cela est précisé au § 4.1.

4.5.4.2 Gestion du vieillissement

Diverses actions ont été définies pour le domaine « Gestion du vieillissement ». Celles-ci sont énumérées au § 4.2.

- Les actions liées à la mise en œuvre des AMP et des conclusions des AME/IPA, dont notamment l'adaptation des plans de maintenance et procédures associées, seront réalisées d'ici 2015 ;
- Les actions de remplacement et/ou de modification, nécessaires pour certains SSC afin de garantir leur conformité pendant la période d'exploitation à long terme suite à des effets potentiels liés au vieillissement, seront menées au cours des quatre prochaines années. Ces actions auront plus particulièrement lieu lors des révisions prévues en 2013, 2014 et 2016. Vis-à-vis de ces actions, l'approche décrite ci-dessous est envisagée :
 - Lors de la révision de 2013, il est prévu de remplacer certains équipements dans le domaine EI&C (par exemple, certains transmetteurs qualifiés 1E et certains composants périphériques des servomoteurs pneumatiques) et de débiter le remplacement du packing et la rénovation de la poutraison interne de l'aéroréfrigérant ;
 - Les révisions de 2014 et de 2016 seront prolongées afin de permettre le remplacement des équipements EI&C relatifs aux voies de sûreté S1 et S2. Ces opérations de remplacement sont déterminantes pour la durée de ces révisions. Cela concerne le remplacement ou la rénovation des moteurs 380V qualifiés, des pompes, ventilateurs ou actionneurs, le remplacement des moteurs 6kV et le remplacement des relais qualifiés arrivés en fin de vie.

4.5.4.3 Réévaluation de la conception

Les actions issues du domaine « Réévaluation de la conception » (voir § 4.3) sont en majorité des modifications de l'installation existante.

En accord avec la note stratégique de l'AFCN [1], un objectif en termes de planning pour la réalisation de chacune des modifications a été fixé entre aujourd'hui (certaines études étant déjà en cours) et 2019. Pour atteindre cet objectif, il a été supposé que la phase d'étude de conception débute au plus tard en septembre 2012 pour les modifications principales. Une optimisation a également été réalisée pour tenir compte des modifications associées au domaine « Gestion du vieillissement ».

Pour les améliorations de conception principales, l'objectif est le suivant :

- Le nouveau simulateur « full scale », identique à la salle de commande et à l'ensemble des équipements et régulations installés à Tihange 1, sera installé sur le site de Tihange en 2014 et opérationnel à la mi-2015 ;
- Amélioration des systèmes de sûreté :
 - L'installation d'une séparation RF entre les ventilateurs des locaux des moteurs des pompes de recirculation (ISBP et CAE) est programmée en 2015 (cette modification sera réalisée hors période de révision) ;
 - Le remplacement préventif du té de mélange en aval des échangeurs du RRA est prévu lors de l'arrêt de tranche prolongé en 2016 ;

- L'ajout de sondes de mesure du niveau d'eau dans la piscine d'entreposage du combustible usé et le dédoublement des mesures de niveau dans les générateurs de vapeur et dans le RWST est prévu également lors de la révision en 2016 ;
- Amélioration de la protection incendie :
 - Des moyens de protection incendie complémentaires (renforcement de la détection, de la protection et du compartimentage) dans le bâtiment des auxiliaires électriques seront implémentés lors de la révision de 2016 ;
 - Les améliorations dans le bâtiment des GDS (séparation RF des câbles du contrôle-commande des GDS dans le local D300 et création d'un compartimentage des pompes de transfert fuel des GDS) sont planifiées en 2015, en dehors d'une période de révision ;
 - Le renforcement de la protection incendie des voies d'accès du BAN sera mis en œuvre en 2015 ;
- L'installation du système « évent filtré » est prévue en 2016. Il sera connecté à l'installation existante lors de la révision de 2017. Une phase d'étude de deux ans est prévue au préalable, ainsi qu'une période d'environ un an et demi pour la fabrication et la qualification du filtre ;
- La réalisation du nouveau dispositif SUR étendu nécessite tout d'abord une phase d'étude de conception de trois ans. Ensuite, la construction des nouveaux bâtiments et l'installation de l'ensemble des équipements du SUR étendu s'étalera de 2015 jusque début 2019. Des travaux préliminaires dans l'installation existante seront réalisés lors de l'arrêt de 2017 et le SUR étendu sera rendu complètement opérationnel au cours d'un arrêt de tranche prolongé en 2019.
- En ce qui concerne la nouvelle bache EAS, il est envisagé de la construire dans la période 2015-2016 pour pouvoir la raccorder au plus tard lors de la révision planifiée en 2017.

4.5.4.4 Gestion des compétences, des connaissances et du comportement

Les actions liées à ce domaine sont planifiées avant de commencer la période d'exploitation à long terme (LTO), comme cela est précisé au § 4.4.

5 Définitions

Terme	Définition
Ageing (Vieillessement)	Le vieillissement est la dégradation continue des matériaux au fil du temps suite à des conditions de service normales. Celles-ci comprennent à la fois le fonctionnement normal et les conditions transitoires.
Ageing Management Evaluation (AME) spécifique	Une AME est <i>spécifique</i> lorsque son approche diffère de l'approche américaine et est adaptée au contexte belge, sans mettre en danger les objectifs associés aux références américaines. Exemple : l'AME spécifique des composants EI&C qualifiés est largement basée sur les normes RSQ spécifiques à la Belgique.
Ageing Management Evaluation (AME) standard	Voir aussi <i>IPA</i> . L'évaluation de la gestion du vieillissement des SSC a lieu après le Scoping et couvre le Screening, l'Ageing Management Review et les processus d'examen de l'AMP. L'AME est <i>standard</i> parce que l'approche suivie est très similaire à l'approche américaine. Néanmoins, dans des cas spécifiques, l'évaluation peut être améliorée par le biais d'outils d'évaluation spécifiques, comme le diagnostic de risques pour les travaux de génie civil (domaine des structures).
Ageing Management Program (AMP)	Le terme <i>Ageing Management Program</i> est généralement utilisé pour décrire le processus général, les éléments techniques et organisationnels mis en œuvre pour la gestion du vieillissement physique au niveau de la centrale, au niveau d'un système, d'une structure ou d'un composant majeur. Un programme de gestion du vieillissement décrit – en fonction de critères prédéfinis – l'ensemble des mesures spécifiques requises pour gérer la gestion du vieillissement potentiel d'un type de SSC donné ou d'un mécanisme de dégradation spécifique (par exemple, le programme de corrosion accélérée par un débit d'écoulement). Le contexte clarifie généralement dans quel sens ce terme est utilisé.
Agreed Design Upgrade (ADU)	La liste d'actions et/ou de modifications proposées par l'exploitant, dans le cadre du dossier LTO-Report, est analysée par les autorités de sûreté en vue de définir, après concertation avec l'exploitant, le champ de l'amélioration de conception accepté, c'est-à-dire l'Agreed Design Upgrade.
Analyse déterministe	Analyse utilisant, comme paramètres-clés, des valeurs numériques simples (choisies comme ayant une probabilité de 1), ce qui entraîne une valeur unique du résultat. En matière de sûreté nucléaire, par exemple, ceci implique de se focaliser sur des types d'accidents, rejets et conséquences sans tenir compte des probabilités des différentes séquences d'événements. Ce type d'analyse est typiquement utilisé soit avec les meilleures estimations possibles, soit avec des valeurs de pires scénarios, sur base de jugements d'experts et de connaissances du phénomène modélisé.
Analyse probabiliste	Celle-ci est souvent synonyme d'analyse stochastique. Strictement parlant, toutefois, l'aspect stochastique donne directement une idée d'arbitraire (en tout cas en apparence), alors que la notion <i>probabiliste</i> est directement liée aux probabilités, et donc indirectement au côté arbitraire. Il est donc plus correct de décrire un événement ou un processus naturel comme étant stochastique (dans le cas d'un effet stochastique, par exemple), alors que la notion probabiliste serait plus appropriée pour décrire une analyse mathématique d'événements ou

Terme	Définition
	de processus stochastiques, ainsi que leurs conséquences. Une telle analyse ne serait stochastique que si la méthode d'analyse elle-même comprenait un élément arbitraire (analyse Monte Carlo, par exemple).
Analyse probabiliste de sûreté (PSA)	Approche complète et structurée utilisée pour identifier un scénario de défaillance et constituer un outil conceptuel et mathématique afin de dériver des estimations numériques du risque.
Analyses de vieillissement limitées dans le temps (TLAA)	Les analyses de vieillissement limitées dans le temps (TLAA) sont des analyses de sûreté spécifiques à une centrale et basées sur une durée d'exploitation ou de vie calculée de la centrale explicitement prévue.
Base de conception (DB)	Les exigences fondamentales relatives aux SSC et qui définissent les paramètres limitatifs qui veillent à ce que les demandes du propriétaire et les exigences légales soient satisfaites. La base de conception comprend les éléments suivants : base de conception telle que définie dans 10CFR50.2, « L'information identifiant les fonctions spécifiques à remplir par une structure, un système ou un composant d'une installation, ainsi que les valeurs (ou plages de valeurs) spécifiques choisies pour réguler les paramètres en tant que références limitatives pour la conception. Ces valeurs peuvent être (1) des contraintes dérivées de pratiques généralement reconnues comme étant les règles de l'art afin d'atteindre des objectifs fonctionnels, ou (2) des exigences dérivées d'une analyse (basée sur des calculs et/ou des expériences) des effets d'un accident postulé pour lequel une structure, un système ou un composant doit remplir ses objectifs fonctionnels. »
Base de l'autorisation d'exploitation (Current Licensing Base, CLB)	Autorisation d'exploitation et démonstration de sûreté sous-jacente, décrite dans les documents de référence (explicites) (comme le <i>Updated Final Safety Analysis Report</i> ou UFSAR, les rapports synthétisant les Révisions périodiques de Sûreté, ou l'article 37 du document Euratom). La CLB inclut les démonstrations de sûreté sous-jacentes aux documents de la base de conception, ainsi que les engagements du détenteur de l'autorisation encore en vigueur qui ont été pris dans la correspondance relative à l'autorisation, comme des réponses du détenteur de l'autorisation aux bulletins NRC, des lettres générales et des actions d'exécution, ainsi que les engagements du détenteur de l'autorisation documentés dans des évaluations de sûreté réalisées par les autorités de sûreté ou dans des rapports d'événements propres au détenteur de l'autorisation.
Compétence	La capacité d'une organisation ou d'une personne individuelle à réaliser correctement une tâche. Les deux sont évalués.
Comportement	Compétence individuelle et par équipe en matière de comportement. Focalisation sur les compétences comportementales dans le domaine nucléaire, comme les outils de performance humaine (outils HU, ex.: pré-briefings et évaluations d'équipes) et d'autres compétences importantes pour assurer les capacités nucléaires.
Composants et sous-composants	Les systèmes et structures sont divisés en <i>composants</i> . La division en sous-composants (ou éléments) se fait en fonction de la structure et du composant même, des objectifs de l'évaluation de la gestion du vieillissement, ainsi que de l'infrastructure locale spécifique (en particulier des différents matériaux, etc.).
Conception	Le processus et les résultats du développement d'un concept et de

Terme	Définition									
	plans détaillés, ainsi que les calculs et les spécifications d'une installation et de ses composants.									
Défaillance de mode commun	Ou « Common Mode Failure ». Défaillance unique qui entraîne la perte simultanée d'équipements redondants.									
Dégradation due au vieillissement	Effets de vieillissement susceptibles d'altérer la capacité des SSC à fonctionner selon des critères d'acceptation. Exemples : diminution du diamètre suite à une usure d'un arbre tournant, perte de résistance d'un matériau suite à de la fatigue ou à un vieillissement thermique, perte de résistance diélectrique ou fissuration de l'isolation.									
Équipement qualifié	Équipement certifié comme ayant satisfait aux exigences de qualification d'un équipement pour les conditions pertinentes pour sa ou ses fonction(s) de sûreté.									
Fonction attendue	<p>L'objectif du LTO-Ageing est de fournir une assurance raisonnable que les effets du vieillissement sur la fonction du SSC en question sont gérés de manière adéquate, conformément à la Current Licensing Basis (base de l'autorisation d'exploitation, CLB) propre à la centrale et aux conditions de base de la conception, de façon à ce que les <i>fonctions attendues</i> soient maintenues pendant la période d'exploitation prolongée.</p> <p>Les fonctions attendues définissent le processus de la centrale, la condition ou l'action devant être accompli(e) afin de réaliser ou de soutenir une fonction de sûreté destinée à répondre à un événement de base de conception, ou de réaliser ou de soutenir une exigence spécifique de l'un des cinq événements réglementés dans le §54.4(a)(3). Au niveau d'un système, les fonctions attendues peuvent être vues comme les fonctions du système formant la base pour une inclusion de ce système dans le champ d'analyse du LTO-Ageing telle que spécifiée au §54.4(a)(1)-(3).</p> <p>Fonction attendue active ou passive d'un SSC : un SSC peut avoir une fonction active ou passive, conformément à la classification des composants actifs et passifs.</p> <table border="1" data-bbox="539 1265 1369 1489"> <thead> <tr> <th></th> <th>Fonction</th> <th>Composant</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Active</td> <td>Réglage de débit / Isolation</td> <td>ex.: moteur, tige de vanne</td> </tr> <tr> <td>Passive</td> <td>Barrière de rétention de la pression</td> <td>ex.: corps, bonnet, boulons</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;">Exemple : vanne motorisée</p>		Fonction	Composant	Active	Réglage de débit / Isolation	ex.: moteur, tige de vanne	Passive	Barrière de rétention de la pression	ex.: corps, bonnet, boulons
	Fonction	Composant								
Active	Réglage de débit / Isolation	ex.: moteur, tige de vanne								
Passive	Barrière de rétention de la pression	ex.: corps, bonnet, boulons								
Gestion des connaissances	La <i>gestion des connaissances</i> comprend l'ensemble des méthodes, instruments et outils qui contribuent à promouvoir un processus de connaissances de base intégré. Il inclut au moins les quatre activités de base suivantes : la génération de connaissances, le maintien de connaissances, le partage de connaissances, ainsi que la mise en œuvre des connaissances dans tous les domaines et à tous les niveaux de l'organisation. Ceci améliore la performance organisationnelle par le biais d'une focalisation sur les processus de création de valeur.									
Gestion du vieillissement	Une gestion efficace du vieillissement est accomplie en coordonnant les programmes existants (ex : maintenance, inspection en service, surveillance, exploitation, support technique, recherche et développement) afin d'assurer que :									

Terme	Définition
	les effets de vieillissement sont suivis de manière adéquate et compris, la réparation ou le remplacement de composants a lieu avant que les critères d'acceptation pour une exploitation sûre ne soient dépassés.
Groupe de produits	Voir aussi <i>Type de composant</i> et <i>Type de structure</i> . Groupement de composants et de structures à des fins d'évaluation de la gestion du vieillissement. Les groupements se font sur base de caractéristiques similaires de ces composants ou structures (conception similaire, matériau similaire, etc., ou de pratiques similaires en matière de gestion du vieillissement). Ce terme est particulièrement utilisé dans le domaine EI&C. Dans la plupart des cas, les types de composants et groupes de produits (terme NUREG 1800) ont la même signification. Celle-ci est clarifiée par le contexte ou par la définition donnée.
Inspection	Examen, observation, mesure ou test effectué pour évaluer des structures, systèmes, composants et matériaux, ainsi que des activités d'exploitation, processus techniques, processus organisationnels, procédures et compétences du personnel.
Inspection unique	Un programme de gestion du vieillissement impliquant une <i>inspection unique</i> est un nouveau programme dont l'objectif est de vérifier l'efficacité d'un AMP et de confirmer le caractère insignifiant d'un effet de vieillissement.
Maintenance	L'activité organisée (à la fois administrative et technique) dont l'objectif est de maintenir les structures, systèmes et composants dans de bonnes conditions d'exploitation. Elle comprend aussi bien les aspects préventifs que correctifs (réparations).
Maintenance Rule	Suivi des performances des fonctions à remplir par les composants actifs, conformément à la réglementation américaine.
Mission SALTO	Audit réalisé par une équipe d'experts internationaux de l'AIEA et qui se focalise sur les éléments importants en vue de garantir la sûreté de l'exploitation à long terme.
Reliability Centered Maintenance (RCM) (maintenance centrée sur la fiabilité)	Processus destiné à optimiser la maintenance pour garantir la sûreté nucléaire. Il couvre les principaux modes de défaillance qui mettent en danger les fonctions critiques des systèmes et composants.
Révision périodique de Sûreté (Periodic Safety Review, PSR)	Réévaluation systématique de la sûreté d'une installation (ou d'une activité) existante, effectuée à des intervalles réguliers afin de gérer les effets cumulatifs du vieillissement, de modifications, de l'expérience opérationnelle, de développements techniques, ainsi que d'aspects liés au site. L'objectif est de garantir un niveau de sûreté élevé tout au long de la durée de service de l'installation (ou de l'activité).
RSQ	Rapport Synthétique de Qualification (RSQ) publié pour chaque groupe de produits sélectionnés. Ce RSQ : -décrit les exigences en matière de qualification, les résultats des tests, ainsi que le comportement de l'équipement au cours de ces tests ; -conclut si un composant (ou un type de composant) est qualifié ou non conformément à la classe 1E, tel que défini dans la norme IEEE 323-74 (endossé par R.G. 1.89) ; -constitue une base pour le programme de maintenance.

Terme	Définition
Structure	Les <i>structures</i> sont les éléments principalement passifs, comme les bâtiments, les supports et les protections.
Suivi	Mesure continue ou périodique de paramètres radiologiques ou d'autres paramètres de détermination de l'état d'un système. Peut impliquer un échantillonnage comme étape préliminaire aux mesures. Suivi de l'état d'une installation nucléaire par le suivi de variables de la centrale, ou suivi de la performance à long terme d'un dépôt de déchets par le suivi de variables comme les débits d'eau. Suivi de la condition : observation, mesure ou tendances d'indicateurs de condition par rapport à un paramètre indépendant (en général le temps ou des cycles) afin d'indiquer la capacité actuelle et future d'une structure, d'un système ou d'un composant de fonctionner dans le respect des critères d'acceptation.
Surveillance (tests)	Tests périodiques pour vérifier si les structures, systèmes et composants continuent de fonctionner ou sont dans un état apte à remplir leurs fonctions.
Système	Regroupement fonctionnel de composants mécaniques et EI&C. Un système comprend plusieurs composants assemblés de façon à remplir une fonction spécifique (active).
Systèmes, structures et composants (SSC)	Terme général comprenant tous les éléments d'une installation ou d'une activité qui contribuent à la protection et à la sûreté, à l'exception des facteurs humains.
Type de composant	Voir aussi <i>Groupe de produits</i> et <i>Type de structure</i> . Ce terme est particulièrement utilisé dans le domaine mécanique et le domaine des structures afin de catégoriser ou de grouper les composants en vue d'une AME.
Type de structure	Catégorisation ou regroupement de structures à des fins d'AME. Les structures sont évaluées selon 26 types différents environ. Le regroupement spécifique de quelque 7 types de structures (travaux de génie civil) est caractérisé par l'utilisation de béton comme matériau principal.
Voie de sûreté	Ensemble des équipements alimentés à partir de la même polarité électrique. Il existe deux voies de sûreté à Tihange 1. Ces voies sont redondantes l'une par rapport à l'autre.

6 Abréviations

Abrév.	Signification
ADU	Agreed Design Upgrade (mise à jour convenue de la conception)
AFCN	Agence Fédérale de Contrôle Nucléaire
AMP	Ageing Management Program (programme de gestion du vieillissement)
AMR	Ageing Management Review (analyse de gestion du vieillissement)
AME	Ageing Management Evaluation (évaluation de la gestion du vieillissement)
ATWS	Anticipated Transient Without Scram
BAE	Bâtiment des Auxiliaires Électriques
CA	Condition Assessment (évaluation de la condition)
CAE	Circuit d'Aspersion d'Enceinte
CFR	Code of Federal Regulations (code de règlements fédéraux)
CIS	Circuit d'Injection de Sécurité
CLB	Current Licensing Basis (base de l'autorisation d'exploitation)
CMU	Circuit des Moyens Ultimes
DB	Design Basis (base de conception)
EAS	Eau Alimentaire de Secours
ECNSD	Electrabel Corporate Nuclear Safety Department
EI&C	Electrical, Instrumentation and Control (composants électriques et I&C)
EPRI	Electrical Power Research Institute
FSAR	Final Safety Analysis Report (rapport d'analyse final de la sûreté)
GALL	Generic Ageing Lessons Learned (enseignement générique en matière de vieillissement)
IAEA	International Atomic Energy Agency
IPA	Integrated Plant Assessment (évaluation intégrée d'une centrale)
ISI/S/T	In-Service Inspection/Surveillance/Testing (inspection/surveillance/test en service)
LTO	Long-Term Operation (exploitation à long terme)
MSI	Main Safety Issues (thèmes de sûreté principaux)
NEI	Nuclear Energy Institute (U.S.)
NPP	Nuclear Power Plant (centrale nucléaire)
NRC	Nuclear Regulatory Commission (commission réglementaire nucléaire)
NSSS	Nuclear Steam Supply System (chaudière nucléaire)
NUREG	U.S.NRC nuclear regulatory publication (publication réglementaire nucléaire U.S.NRC)
OSART	Operational Safety Review Team
PIS	Pompe d'Injection de Secours
PORC	Plant Operation Review Committee (Comité d'évaluation du fonctionnement de la centrale)
PSA	Probabilistic Safety Assessment (analyse probabiliste de sûreté)
PSR	Periodic Safety Review (révision périodique de sûreté)
PWR	Pressurized Water Reactor (réacteur à eau sous pression)
RCM	Reliability Centered Maintenance (maintenance centrée sur la fiabilité)
RRA	Refroidissement du Réacteur à l'Arrêt
RSQ	Rapport Synthétique de Qualification
SALTO	Safety Aspects of Long-Term Operation (aspects de sûreté liés à l'exploitation à long terme)
SBO	Station Black-Out (perte totale des alimentations électriques)
SF	Safety Factor (facteur de sûreté)
SORC	Site Operations Review Committee (Comité d'évaluation du fonctionnement du site)

Abrév.	Signification
SRP	Standard Review Plan (plan d'audit standard)
SRS	Safety Report Series (collection rapports de sûreté)
SSC	System, Structure, Component (système, structure, composant)
SUR	Système d'Ultime Repli
TAA	Time Limited Ageing Analyses (analyses de vieillissement limitées dans le temps)
UFSAR	Update Final Safety Analysis Report (Rapport Sûreté actuel)
U.S.NRC	United States Nuclear Regulatory Commission
WANO	World Association of Nuclear Operators
WENRA	Western European Nuclear Regulators' Association

7 Références

No.	Titre
[1]	Note stratégique "Long term operation" des centrales nucléaires belges : Doel 1&2 et Tihange 1 (008-194 révision 2, AFCN, septembre 2009) (www.afcn.fgov.be)
[1bis]	Rapport d'évaluation des rapports LTO – Mars 2012 (Révision 1 d'Avril 2012 intégrant les avis du Conseil Scientifique)
[2]	Requirements for renewal of operating licenses for Nuclear Power Plants (10 CFR part 54, Codes and standards, Office of the Federal Register, National Archives and records Administration, 2005)
[3]	Generic Ageing Lessons Learned (GALL) Report (Rev.1, September 2005, NUREG – 1801, volume 1 and 2)
[4]	Centrale Nucléaire de Tihange – Rapport des tests de résistance – Évaluation complémentaire de la sûreté des installations nucléaires (Electrabel, 28 octobre 2011) (www.afcn.fgov.be)
[5]	Periodic Safety Review of Nuclear Power Plants (IAEA Safety Guide N°NS-G-2.10, August 2003)
[6]	Directives Techniques pour la conception et la construction de la prochaine génération de réacteurs nucléaires à eau sous pression (adoptées pendant les réunions plénières du GPR et des experts Allemands les 19 et 26 octobre 2000)
[7]	WENRA Belgian Action Plan (www.afcn.fgov.be)
[8]	IAEA, the nuclear power industry's ageing workforce; transfer of knowledge to the next generation, IAEA-TECDOC-1399, 2004
[9]	Risk Management of Knowledge Loss in Nuclear Industry Organizations (IAEA, STI/PUB/1248, 2006)
[10]	IAEA, Managing Nuclear Knowledge: Strategies and Human Resource Development, Summary of an International Conference, Vienna 2004
[11]	Safe Long Term Operation of Nuclear Power Plants (IAEA Safety Reports Series N° 57, October 2008)
[12]	Appendix A to 10 CFR part 50, General Design Criteria for Nuclear Power Plants
[13]	SALTO Guidelines - Guidelines for peer review of long term operation and ageing management of nuclear power plants (IAEA Services Series 17, December 2008)
[14]	Safety Aspects of Long Term Operation of Water Moderated Reactors (IAEA-EBP-SALTO, July 2007)
[15]	Plant Life Management for LTO of Light Water Reactor (IAEA Technical Report Series N°448, December 2006)
[16]	OSART Guidelines for Long Term Operation (U.S.NRC, draft rev. 2, May 2009)
[17]	Standard Review Plan for Review of License Renewal Applications for Nuclear Power Plants (NUREG – 1800, Rev. 1, September 2005)
[18]	Industry Guideline for Implementing the Requirements of 10 CFR part 54 – The License Renewal Rule (NEI 95-10, Rev.6, June 2005)
[19]	Plant Support Engineering: License Renewal Electrical Handbook (EPRI report 1003057 Rev. 1, January 2005)
[20]	Non-Class 1 Mechanical Implementation guideline and Mechanical Tools (EPRI 1010639 Revision 4, January 2006)
[21]	Ageing Identification and Assessment Checklist. Civil and Structural Components—Final Report, (EPRI 1011224, February 2007)
[22]	Ageing management for Nuclear Power Plants (IAEA Safety Guide NS-G-2.12, January 2009)
[23]	Basic Safety Principles for Nuclear Power Plants (IAEA INSAG Series N° 12, 75-

No.	Titre
	INSAG-3 rev1, Dec. 1999)
[24]	Clarification of TMI Action Plan Requirements (NUREG – 0737, Final report, October 30, 1980)
[25]	AIEA NS-R-1 : « Safety of Nuclear Power Plants : Design »
[26]	Norme IEEE 323-74
[27]	R.G. 1.89
[28]	IAEA OSART Guidelines Services Series No 12, Edition 2005
[29]	Knowledge Management for Nuclear Industry Operating Organizations (IAEA, IAEA-TECDOC-1510, October 2006)
[30]	ONDRAF/NIRAS, Plan Déchets pour la gestion à long terme des déchets radioactifs conditionnés de haute activité et/ou de longue durée de vie et aperçu de questions connexes, rapport NIROND 2011-02 F, 2011